

**PROPUESTA DE VIABILIDAD PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA
RUNWAY STATUS LIGHTS (RWSL) EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL
EL DORADO**

SANDRA CAROLINA BONILLA FUENTES

FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AERONAUTICA
BOGOTÁ D.C
2014

**PROPUESTA DE VIABILIDAD PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA
RUNWAY STATUS LIGHTS (RWSL) EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL
EL DORADO**

SANDRA CAROLINA BONILLA FUENTES

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO
AERONÁUTICO**

**DIRECTOR DE PROYECTO:
AIXA IVONE ARDILA AVELLANEDA
M.I (C) INGENIERIA MECANICA**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AERONAUTICA
BOGOTÁ D.C
2014**

Nota de Aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá D.C. 26 de Marzo de 2014

A Dios principalmente y a mi querida familia.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

A Dios, por su guía espiritual, su compañía durante las diferentes etapas de la vida y sus bendiciones en el transcurrir de la vida académica.

A mis padres María del Carmen Fuentes y Saúl Bonilla por su apoyo y constancia a lo largo de este proceso.

A mi hermana Paula Andrea Bonilla por su incondicional apoyo y su voz de aliento en cada momento que pensé desfallecer.

A mis abuelos por su amor, su cariño, sus sabios consejos y su invaluable apoyo para todo a pesar de las dificultades.

A mis tíos por su unión fraternal y su paciencia.

A mis amigos, por su incondicional amistad, respeto cariño y hermandad.

A la Ingeniera Aixa Ardila mi directora de Tesis por su paciencia, su dedicación y total carisma y entrega para poder llevar a cabo el desarrollo y la culminación de este proyecto.

A la Fundación Universitaria Los Libertadores, docentes y planta académica por ser el pilar de mi formación profesional y guía hacia la realización de mi profesión.

Para todos ellos muchas gracias, bendiciones.

Sandra Carolina Bonilla Fuentes

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	21
2. JUSTIFICACION	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO DE REFERENCIA.....	24
4.1 MARCO CONCEPTUAL	24
4.2 MARCO LEGAL	31
4.2.1 Código de comercio	31
4.2.2 OACI.....	32
4.2.3 Reglamentación aeronáutica de Colombia	33
4.3 MARCO HISTORICO	33
5. SEGURIDAD OPERACIONAL E INCURSIONES EN PISTA	37
5.1 NECESIDADES Y DISTINCIONES DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL	37
5.2 REQUISITOS DE LA OACI PARA LA SEGURIDAD OPERACIONAL.....	37
5.3 RESPONSABLES EN LA GESTION DE SEGURIDAD OPERACIONAL	39
5.3.1 Responsabilidad de la OACI en la gestión de seguridad operacional.....	39
5.3.2 Responsabilidad de las organizaciones e instituciones en la seguridad operacional.....	40
5.4 LA SEGURIDAD OPERACIONAL SEGÚN LA ADMINISTRACION DE AVIACIÓN CIVIL (CAA).....	41
5.5 SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACIÓN CIVIL COLOMBIANA.....	41
5.5.1 Regulaciones relacionadas y entidades en las que se debe aplicar un SMS	42
5.6 CONCEPTO DE RIESGO EN LA SEGURIDAD OPERACIONAL	43
5.7 ACCIDENTES POR FALLA EN LA SEGURIDAD OPERACIONAL	43
5.8 ACCIDENTALIDAD A CAUSA DE UNA INCURSION	46
5.9 CAUSAS DE UNA INCURSION	46

5.10 CATEGORIAS DE LAS INCURSIONES EN PISTA	47
5.11 INCURSIONES EN FASES DE VUELO	47
5.12 REFERENCIAS DE SEGURIDAD OPERACIONAL SEGÚN LA OACI	48
5.13 ORGANIZACIONES DE INVESTIGACION DE ACCIDENTES E INCIDENTES ...	49
5.14 ESTADISTICAS DE ACCIDENTES E INCIDENTES.....	50
5.14.1 Estadísticas de incursiones en Colombia.....	52
6. SISTEMA RWSL.....	55
6.1 DESCRIPCION	55
6.2 FUNCIONAMIENTO	55
6.2.1 Diagrama de bloques.....	56
6.2.2 Concepto operacional.....	59
6.3.2 Características de los RELs	62
6.4 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.....	63
6.4.1 Implementación en Colombia.....	67
7. VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA RWSL	76
7.1 ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.....	76
7.2 COSTOS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.....	77
7.3 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA	78
8. CONCLUSIONES	79
9. BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXO 1.....	84
ANEXO 2.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Runway Entrance Lights (RELs).....	24
Figura 2. Takeoff Hold Lights (THLs)	25
Figura 3. Sistema de Multilateración.....	26
Figura 4. Simulación Categoría A.	28
Figura 5. Simulación Categoría B.	28
Figura 6. Simulación Categoría C.	29
Figura 7. Implementación del sistema RELs.....	29
Figura 8. Implementación del sistema THLs	30
Figura 9. Ubicación en Norte América del sistema.	35
Figura 10. Ciclo de seguridad operacional.....	39
Figura 11. Modelo de causalidad de los accidentes	44
Figura 12. Factores que contribuyen a que ocurran errores humanos	45
Figura 13. Incursión en pista, fase de despegue	47
Figura 14. Incursión en pista, fase de aterrizaje	48
Figura 15. Relación de Accidentes y muertes.....	50
Figura 16. Índice mundial de accidentes por millón de salida.....	51
Figura 17. Estadísticas e índices de accidentes 2010	51
Figura 18. Categorización de las incursiones en pista en Colombia.....	52
Figura 19. Numero de incursiones en pista en Colombia	52

Figura 20. Estadísticas de incursiones Aeropuerto El Dorado 2011, 2012, 2013 ..	53
Figura 21. Estadísticas de operaciones aeroportuarias 2013.....	54
Figura 22. Sistema ASDE-X	56
Figure 23. Diagrama de bloques.....	57
Figura 24. Lógica de seguridad durante una operación de salida	58
Figura 25. Concepto operacional RWSL.....	60
Figura 26. Ubicación de los REL.....	61
Figura 27. RELs.	62
Figura 28. Imagen satelital del aeropuerto internacional IAD	63
Figura 29. Diagrama del aeropuerto internacional IAD	64
Figura 30. Diagrama de las pistas del aeropuerto internacional IAD	65
Figura 31. RWSL en el aeropuerto internacional IAD	67
Figura 32. Vista satelital general Aeropuerto El Dorado	68
Figura 33. Vista satelital de la pista 2.	68
Figura 34. Vista satelital de la pista 1.	69
Figura 35. Plano general del aeropuerto El Dorado.....	69
Figura 36. Estadísticas de frecuencias del aeropuerto El Dorado	71
Figura 37. Estadísticas de radioayudas del aeropuerto El Dorado	71
Figura 38. Plano operacional del aeropuerto El Dorado	73
Figura 39. Plano de ubicación en el aeropuerto El Dorado.....	74

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Tipos de incursiones según la severidad de los accidentes	27
Tabla 2. Tipos de errores que generan incursiones en pista	28
Tabla 3. Operación de seguridad durante la salida.....	60
Tabla 4. Estadísticas de aeronaves que se encuentran diario en tierra para la operación.....	66
Tabla 5. Estadísticas de porcentaje de aeronaves que operan diario.....	66
Tabla 6. Estadísticas de señalización del aeropuerto El Dorado.....	70

LISTA DE ANEXOS

1. Estadísticas de incursiones Aeropuerto El Dorado 2011, 2012, 2013.....	85
2. Circular informativa Aerocivil	87

GLOSARIO

ACCIDENTE: Es todo suceso relacionado con la utilización de aeronaves, que ocurre dentro del período comprendido entre el momento en que una persona efectúa la operación de embarque con intención de realizar un vuelo y el momento en que todas las personas han efectuado la operación de desembarque, durante el cual: a) cualquier persona sufre lesiones mortales o graves; b) la aeronave sufre daños o roturas estructurales c) la aeronave desaparece o es totalmente inaccesible.

ACTO INSEGURO: Acción humana que lleva aparejada el incumplimiento de un método o norma de seguridad, explícita o implícita que provoca el accidente. Es la causa humana que actualiza el riesgo o produce el accidente.

AERÓDROMO: Lugar destinado al aterrizaje y despegue de aviones provisto de las pistas e instalaciones necesarias, generalmente menor que un aeropuerto y destinado a usos militares.

AEROPUERTO: Un aeropuerto es una estación o terminal situada en un terreno llano que cuenta con pistas, instalaciones y servicios destinados al tráfico de aviones. Los aeropuertos permiten el despegue y el aterrizaje de aviones de pasajeros o de carga, además de proveerles combustible y el mantenimiento.

AFECCIÓN: Impresión que hace algo en otra cosa causando en ella alteración.

ALERTA VISUAL: Consiste en recibir, a través de la vista, las imágenes, impresiones o sensaciones externas. Se trata de una función psíquica que permite al organismo captar, elaborar e interpretar la información que llega desde el entorno.

AZIMUT: El Acimut (también llamado azimuth), es el ángulo medido sobre el horizonte que forma el punto cardinal sur y la proyección vertical del astro sobre el horizonte. Se mide en sentido horario desde el Sur.

BARRA DE PARADA: La barra de parada sirve de ayuda al piloto, para indicarle en qué punto debe detenerse. Ésta opción es válida cuando la aeronave ingresa por sus propios medios a la posición de estacionamiento sin guiado, sean éstos medios automáticos o señalero.

CABECERA DE PISTA: Denominación que se le realiza a la base principal donde radica el inicio de una pista; lugar donde se ubica una aeronave en posición para realizar su despegue.

CODIGO NOTAM: Código que permite el cifrado de informes relativos al establecimiento, estado o modificación de las radio ayudas, aeródromos e instalaciones de iluminación, peligro a que están sujetas las aeronaves durante el vuelo y medios de búsqueda y salvamento.

CALLE DE RODAJE: Una rodadura o pista de rodaje (del inglés taxiway) es la calle de un aeródromo en la cual el avión pueda moverse a o desde un hangar, terminal, pista de aterrizaje, u otra instalación. A menudo son una superficie dura tal como asfalto u hormigón, aunque los aeródromo más pequeños y menos importantes utilizan a veces grava o hierva.

COLISION: Choque violento entre dos cuerpos.

CONCIENCIA SITUACIONAL: Es una representación mental y comprensión de los objetos, eventos, gente, estados de los sistemas, interacciones, condiciones ambientales y cualquier otro tipo de factores de una situación específica que puedan afectar al desarrollo de las tareas humanas, bien sean complejas o dinámicas.

CONFIABILIDAD: Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

ERROR HUMANO: Es una expresión que indica que un suceso desfavorable está fuertemente condicionado por la actividad de las personas que participan directa o indirectamente en la realización y control de un proceso, a veces se puede atribuir a una mala praxis de las personas implicadas.

IMPLEMENTACION: Una implementación es la realización de una aplicación, instalación o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación, estándar, algoritmo o política.

INCIDENTE: Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que no llegue a ser accidente, que afecte o puede afectar la seguridad de las operaciones.

INCURSIONES: suceso en un aeropuerto que involucre una aeronave, vehículo, persona u objeto en la superficie que ocasione una colisión peligrosa o resultado de una mala separación con una aeronave en despegue, intentando despegar, aterrizando o intentando aterrizar.

INELUDIBLE: Obligación, dificultad o problema que no puede ser evitado o no puede ser rehuido o excusable.

MANIOBRABILIDAD: Capacidad que se tiene para manejar un vehículo.

MULTILATERACION: Es una navegación técnica basada en la medición de la diferencia en la distancia a dos o más estaciones en lugares conocidos que transmiten señales. Es una técnica común en radionavegación sistemas, donde se conoce como navegación hiperbólica.

NOTAM: Aviso distribuido por medio de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo.

OPERACIONES AEROPORTUARIAS: Cualquier tipo de actividad que se desarrolla en el aeropuerto.

RIESGO: Riesgo es la vulnerabilidad ante esto un posible potencial de perjuicio o daño para las unidades o personas, organizaciones o entidades. Cuanto mayor es la vulnerabilidad mayor es el riesgo. Por tanto, el riesgo se refiere sólo a la teórica "posibilidad de daño" bajo determinadas circunstancias.

SEGURIDAD AEREA: Es la serie de precauciones que se toman para garantizar la seguridad de los pasajeros y la carga durante el vuelo.

SEGURIDAD OPERACIONAL: Se define la Seguridad Operacional como el estado en el que el riesgo de lesiones a las personas o daños a las aeronaves se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos.

TRAFICO AEREO: Se entiende por Tráfico Aéreo al conjunto de procedimientos, sistemas, reglas y regulaciones elaboradas y sancionadas por la IATA, OACI, los gobiernos de los distintos países y las Líneas Aéreas para el desarrollo del movimiento diario de las Empresas de Aviación y de las Agencias de Viajes.

TRANSPONDER: Un transpondedor o transponder es un tipo de dispositivo utilizado en telecomunicaciones cuyo nombre viene de la fusión de las palabras inglesas Transmitter (Transmisor) y Responder (Contestador/Respondedor). Se designa con este término a equipos que realizan la función de: Recepción, amplificación y reemisión en una banda distinta de una señal; Respuesta automática de un mensaje.

UMBRAL: El umbral es la cantidad mínima de señal que ha de estar presente para ser registrada por un sistema. Es decir, umbral es la menor cantidad de estímulo que tiene un 50% de probabilidades de ser detectado.

VIABLE: Es la cualidad de viable; que tiene probabilidades de llevarse a cabo o de concretarse gracias a sus circunstancias o características.

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS	DEFINICION INGLES	DEFINICION ESPAÑOL
ADS	Automatic dependent surveillance	vigilancia dependiente automática
ADS-B	Automatic dependent surveillance -broadcast	vigilancia dependiente automática-radiodifusión
ASDE	Airport surface detection equipment.	Radar de control de movimientos en tierra
ASR	Airport surveillance radar	Radar de vigilancia de aeropuerto, radar de área terminal
ATC	Air traffic control	Control de tránsito aéreo
ATS	Air Traffic services	Servicios de tránsito aéreo
CAA	Civil Aviation Authority	Autoridad de aviación civil
CIO	Chief Information Officer	Jefe de Información
EASA	European Aviation Safety Authority	Autoridad europea para la seguridad aeronáutica
FAA	Federal Aviation Administration	Administración federal de aviación
FLS	Flight Suspension Message	Mensaje de suspensión de vuelo.
IATA	International Air Transport Association	Asociación del transporte aéreo internacional
LCD	Liquid Crystal Display	Pantalla de cristal líquido.
NBAA	National Business Aviation Association	Asociación nacional de aviación de negocios

NTSB	National Transportation Safety Board	Comisión nacional de seguridad en el transporte
OACI	International Civil Aviation Organization	Organización de aviación civil internacional
RAC		Reglamento Aeronáutico de Colombia
RELs	Runway Entrance Lights	Luces de entrada de pista
RILs	Runway Intersection Lights	Luces de intersección de pista
RWSL	Runway Status Lights	Luces de estado de pista.
SMS	Short Message Service	Servicio de mensaje corto
SSB	Single Sideband	Banda lateral única
SSR	Secondary Surveillance Radar	Radar secundario de vigilancia.
THLs	Takeoff Hold Lights	Luces de despegue en pista
USOAP	Universal Safety Oversight Audit Programme	Programa universal de auditoría
WAN	Wide Area Network	Red de aérea extensa

RESUMEN

El problema de las incursiones que se ha venido presentando a nivel mundial en el campo de la aviación ha generado la necesidad de realizar diversos estudios de las causas que los pueden ocasionar. Por lo tanto; al determinar los posibles factores de afección, se ha procedido a establecer la toma de medidas preventivas contra los sucesos que se analizaron.

Los estudios que más se enuncian datan en la seguridad y la gestión en operaciones, se han aplicado técnicas o se han implementado sistemas que conllevan a dar una mejora rotunda en la disminución de incursiones. Dichos sistemas que se implementaron son de carácter tecnológico; es decir se han creado sistemas automatizados de alertas que conllevan a evitar o bien disminuir las incursiones en pista.

En el presente proyecto, se muestra los avances a nivel mundial que se generaron para evitar este inconveniente, y las implementaciones que se han presentado; posteriormente se muestra un estudio estadístico de los inconvenientes que se han generado, puntualmente en Colombia a causa de las incursiones en pista; y por lo tanto se ostenta una propuesta para generar un estudio de la factibilidad o la viabilidad que tendría para Colombia generar una implementación del sistema RWSL, mas puntualmente en el aeropuerto internacional El Dorado de Bogotá.

ABSTRACT

The problem of incursions has been presented worldwide in the field of aviation has generated the need for various studies of the causes that can cause. Therefore, to identify potential factors condition, we proceeded to establish taking preventive measures against security incidents were analyzed.

Studies to date are set out in more security and operations management, techniques have been implemented or have been implemented systems that lead to give a categorical improvement in reducing incursions. These systems were implemented that are technological in character, have been set up automated alerts that lead to avoid or reduce runway incursions.

In this project, progress worldwide that were generated to avoid this, and implementations that have been presented is shown, then a statistical study of the drawbacks that have been generated, specifically in Colombia is shown because of raids track, and thus boasts a proposal to produce a feasibility study or feasibility would have to create an implementation of Colombia RWSL system, more timely in Bogota's El Dorado international Airport.

INTRODUCCIÓN

Por el constante crecimiento de flujo en las operaciones aéreas en Bogotá D.C. desde el año de 1992 evidenciado en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia en sus partes 4, 6 y 8, por la unidad administrativa de la aeronáutica civil. Se ha visto la necesidad de ampliar el aeropuerto internacional El Dorado, lo que ocasiona un incremento en el riesgo de incursiones en pista que pueden ocasionar diferentes accidentes e incidentes; por esto, se ve la penuria de utilizar la tecnología para disminuir en un porcentaje considerable estas incursiones debido a que estadísticamente según la FAA en el año 2012, en su capítulo *Runway Safety-Runway Safety Report*, se ha demostrado que muchos de los accidentes son producidos en pista y son causados por factores humanos; otro de los factores que inciden en estos accidentes son las condiciones meteorológicas en la que se ven afectadas las operaciones en los aeropuertos por la baja visibilidad, ya que para los controladores aéreos la posibilidad de visualizar las aeronaves en superficie es prácticamente nula y por ende no se visualiza lo que está ocurriendo en ella; a esto se le agrega la carga de trabajo que tiene tanto el controlador aéreo como el piloto a la hora de llevar la aeronave de la calle de rodaje a la cabecera de la pista y todos los procedimientos que realizan en el área movimiento.

Todos estos factores anteriormente mencionados hacen que las operaciones en los aeropuertos sean tan complejas, que se necesiten de sistemas que puedan automatizar los procedimientos para incrementar la seguridad de las operaciones en superficie y disminuir la carga de trabajo tanto para el controlador aéreo como para el piloto.

Este proyecto tiene como propósito realizar un estudio de viabilidad para poder implementar el sistema RWSL en el aeropuerto internacional El Dorado de Bogotá, dicho sistema tiene como objetivo advertir a los pilotos si es seguro o inseguro realizar una entrada o empezar el despegue; por medio de una serie de luces de indicación rojas automatizadas instaladas en el pavimento que brindan información del estado actual en superficie, sin la necesidad de mantener comunicación constante con la torre de control.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las estadísticas de las incursiones que se presentan en el aeropuerto el Dorado de Bogotá D.C. son cada vez más elevadas; uno de los factores que pueden afectar es el cambio que se está generando al ampliar su infraestructura para poder atender el aumento del tráfico aéreo en el mismo. Pero en este proceso de modernización no se está teniendo en cuenta, que al haber un aumento en el tráfico aéreo hay un mayor riesgo de que ocurran incursiones ya sean provocadas por errores operacionales, errores del piloto, o invasión de un vehículo y/o peatón, que pueden inducir en un posible accidente o incidente en las pistas. Por esto es necesario realizar un estudio de viabilidad para instalar un sistema automatizado de superficie el cual disminuya los tiempos operacionales de rodaje y de despegue de las aeronaves, sin aumentar el riesgo de que varias aeronaves se vean envueltos en un accidente o incidente. La FAA aprobó la implementación de un sistema para la disminución y prevención de accidentes e incidentes en los aeropuertos el cual se llama Runway Status Lights (RWSL) que tiene además de las ventajas ya mencionadas, la optimización de las comunicaciones entre los pilotos y la torre de control, mediante el cual los pilotos tienen una referencia visual para operar sus aeronaves con toda certeza de que no va a haber alguna interrupción en sus operaciones por causa de las incursiones definidas anteriormente. Las cuales se refieren en los datos del Runway Status Light suministrados por la FAA en el año 2010.

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Qué ventajas operacionales y de seguridad, traería al aeropuerto internacional El Dorado la instalación del sistema Runway Status Lights (RWSL)?

2. JUSTIFICACION

Para los pilotos, al igual que para los controladores aéreos de superficie, es de vital importancia tener conocimiento y control del tráfico que se presenta en la superficie. El sistema Runway Status Lights fue diseñado con la finalidad, de ayudar tanto a los controladores aéreos, como a los pilotos y cualquier vehículo que se vea envuelto en una operación de superficie; con el fin de obtener el control y mejorar los procedimientos de operación visual evitando así, cualquier tipo de accidente e incidente. Por esto el sistema incluye un radar de superficie, que les muestra por medio de una pantalla LCD las diferentes maniobras que realizan las aeronaves en la superficie.

El propósito de realizar una propuesta de viabilidad para la instalación del sistema RWSL en El Dorado; es mostrar cómo su mismo nombre lo indica, que tan viable sería implementar este sistema, con el fin de disminuir las incursiones en pista basándose en las estadísticas mostradas en el anexo, las cuales propenden a accidentes o incidentes y que traen perjuicios económicos que deben ser suplidos por el estado y/o la empresa implicada. Enunciando los avances obtenidos, por otros aeropuertos en diversas ciudades de Estados Unidos, se ha generado en esta propuesta la idea de estudiar que tan factible sería instalar el sistema RWSL, en Colombia; en el aeropuerto internacional de Bogotá 'El Dorado Luis Carlos Galán Sarmiento', nombre asignado según la ley 1046 del 2010 y la ley 1529 del 2012.

Se procura que el resultado de este proyecto se difunda en el país; con el fin de que sea un impulso tecnológico, ya que con este estudio se lograrían evitar incursiones en pistas lo cuales traerían como consecuencias accidentes e incidentes en la misma. Los resultados de esta investigación serán aplicables en los distintos aeropuertos de Colombia, sin importar su categoría; pero el principal enfoque para su aplicación es en el aeropuerto El Dorado; ya que traerá consigo ventajas a nivel operacional, de seguridad y económico; de igual forma cabe mencionar que se podría aplicar en los aspectos académicos, debido a que sería viable desarrollar nuevos proyectos, mostrando las ventajas de implementar este sistema y sus posibles desventajas. Estos sistemas serían de gran ayuda al ámbito de la aviación para los controladores de tráfico aéreo, debido a que tienen una ayuda auxiliar en caso de falla de comunicaciones o malinterpretación de la información que se recibe.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio operacional y de seguridad para determinar la viabilidad de la instalación del sistema Runway Status Lights en el aeropuerto internacional el Dorado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las estadísticas de incursiones y la documentación operacional del aeropuerto internacional El Dorado.
- Definir las condiciones operativas en las que sería viable implementar el sistema RWSL.
- Presentar la propuesta de viabilidad para la instalación del sistema RWSL en el aeropuerto internacional El Dorado.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO CONCEPTUAL

- **Runway Status Lights (RWSL):** es un sistema automático diseñado para reducir el número de incursiones y así prevenir accidentes e incidentes en la misma, por medio de una serie de luces automatizadas, las cuales tienen 2 estados: ON (luces están iluminadas en rojo) lo cual quiere decir que no es seguro entrar o cruzar y OFF (luces están apagadas), y estas se encuentran instaladas en pista y en las calles de rodaje. Estas trabajan por medio de un sistema de vigilancia y radar de superficie, a través de la multilateración. Está compuesto por las Luces de Entrada a Pista (Runway Entrance Lights RELs), Luces de Despegue (Takeoff Hold Lights THLs), and las Luces de intersección de pista (Runway Intersection Lights RILs).
- **Runway Entrance Lights (RELs):** son una serie de luces rojas instaladas en las calles de rodaje que están distribuidas en una doble fila por cada lado del eje central de la calle de rodaje y van desde la línea de espera hasta el eje central de la pista, así el piloto observa si es seguro o inseguro entrar o cruzar la pista.

Figura 1. Runway Entrance Lights (RELs)



Fuente: Federal Aviation Administration, 2004

- **Takeoff Hold Lights (THLs):** son una serie de luces rojas instaladas en las calles de rodaje que están distribuidas en una doble fila por cada lado del eje central de la pista y van desde 375 pies más allá del umbral de la pista y se extiende por un tramo de 1500 pies. Así el piloto observa si es inseguro iniciar el despegue debido a que está ocupada la pista o está cerca de ser ocupada por otra aeronave o vehículo en tierra. Esto se referencio de la FAA en el 2004 y se cita al final de la página¹.

Figura 2. Takeoff Hold Lights (THLs)

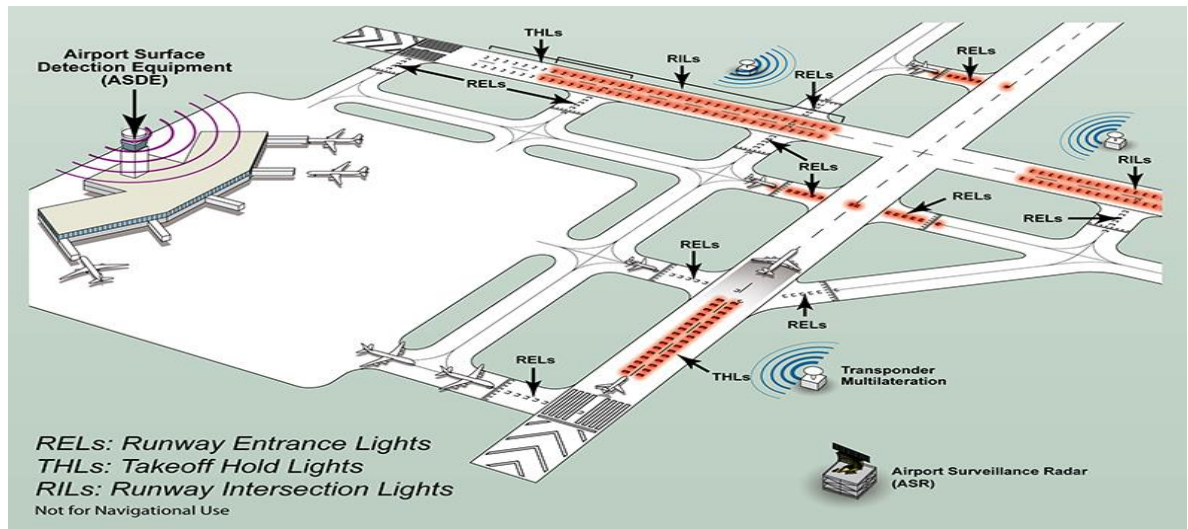


Fuente: Federal Aviation Administration, 2004

- **Multilateración:** Un nuevo sistema de vigilancia introducido, llamada multilateralización o multilateración de área amplia (WAM), ahora permite que los controladores aéreos puedan rastrear aviones en un difícil acceso a una zona montañosa donde el radar no era posible. Multilateración es una tecnología de vigilancia que funciona mediante el empleo de múltiples pequeños sensores remotos en toda la zona para compensar las obstrucciones del terreno, y es otro elemento del sistema SSB (Single Side Band) utilizado para mejorar la vigilancia del tráfico aéreo. Los datos de los sensores de multilateración se fusionan para determinar la posición del avión y la identificación. Estos datos se transmiten a continuación al control de tráfico aéreo para su uso en la prestación de servicios de separación de vigilancia.

¹ La traducción fue realizada por el gestor del proyecto(Federal Aviation Administration - FAA, 2004)

Figura 3. Sistema de Multilateración



Fuente: Antonio Martin Soto, 2004

- **SSR, Secondary Surveillance Radar:** Es el sistema sucesor de radar del sistema de radar primario de vigilancia y fue diseñado para mejorar en términos de costo, confiabilidad y rendimiento. Este consiste en un componente de tierra (el radar) y un componente a bordo de la aeronave (transponder). El radar emite una señal (a 1030 MHz) el cual desencadena una respuesta del transponder (a 1090 MHz). Cuando el radar detecta esta respuesta, puede determinar la posición (rango, azimuth) de la aeronave. Los modos civiles son **A** (compartidos con el modo militar 3); **B** y **D** para identificación; y modo **C** el cual responde la altura del altímetro. El modo S brinda mayores mejoras y la transferencia de datos. Esta información se cita al final de la página ²
- **Incursión en pista:** Definido por la FAA como cualquier suceso dentro de un aeródromo que envuelve la presencia de una aeronave, vehículo, o persona en un área protegida de una superficie designada para el aterrizaje y despegue de una aeronave sin ser autorizados; las incursiones que se presentan se clasifican según la severidad del accidente, esto se ve reflejado en la tabla 1.

² (Hamish Meikle, 2001. Modern Radar System)

Tabla 1 Tipos de incursión según la severidad de las incursiones.

Categoría	Descripción
A	Un incidente serio en el cual una colisión fue evadida con anomalías favorables en su proceder.
B	Un incidente donde la separación decrece y hay un potencial latente a causa de una colisión existente, puede resultar en un tiempo crítico correctivo/evasivo el cual resulta en la evasión de una colisión.
C	Un incidente caracterizado por un tiempo amplio y/o distancia para evadir una colisión
D	Un incidente que reúne la definición de una incursión de pista con la presencia incorrecta de un solo vehículo/persona/aeronave en un área protegida de una superficie designada para el aterrizaje y despegue de una aeronave pero sin consecuencias inmediatas de seguridad.

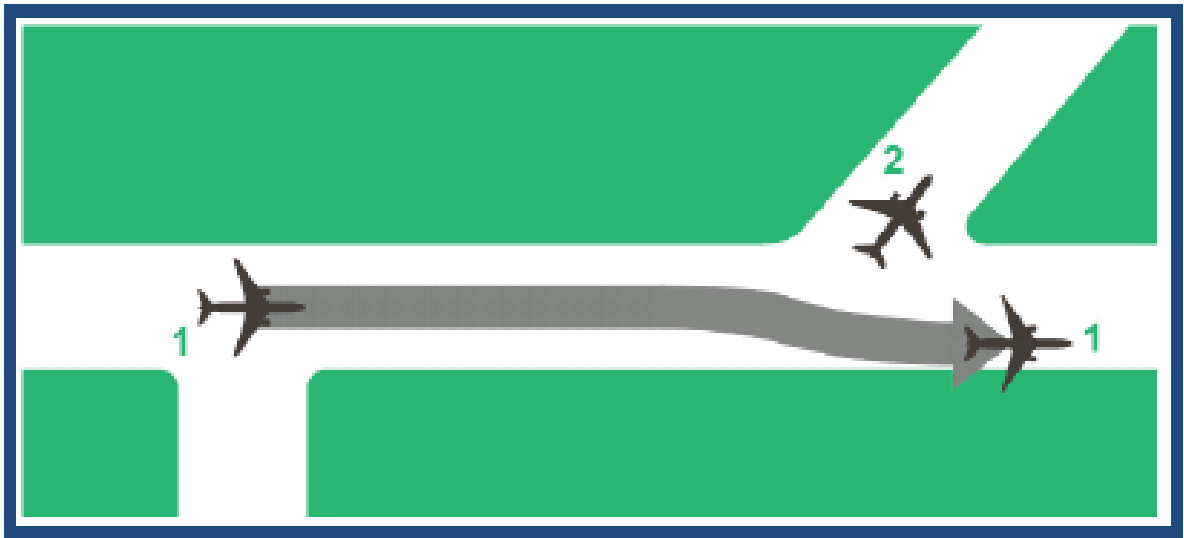
Fuente: (Federal Aviation Administration)

Para una mayor comprensión de la tabla 1. Se presentan las simulaciones correspondientes a cada caso.

Clases de incursiones:

- A. **Caso 1 Simulación categoría A:** la posibilidad de una colisión es alta y es típica de una incursión en pista.

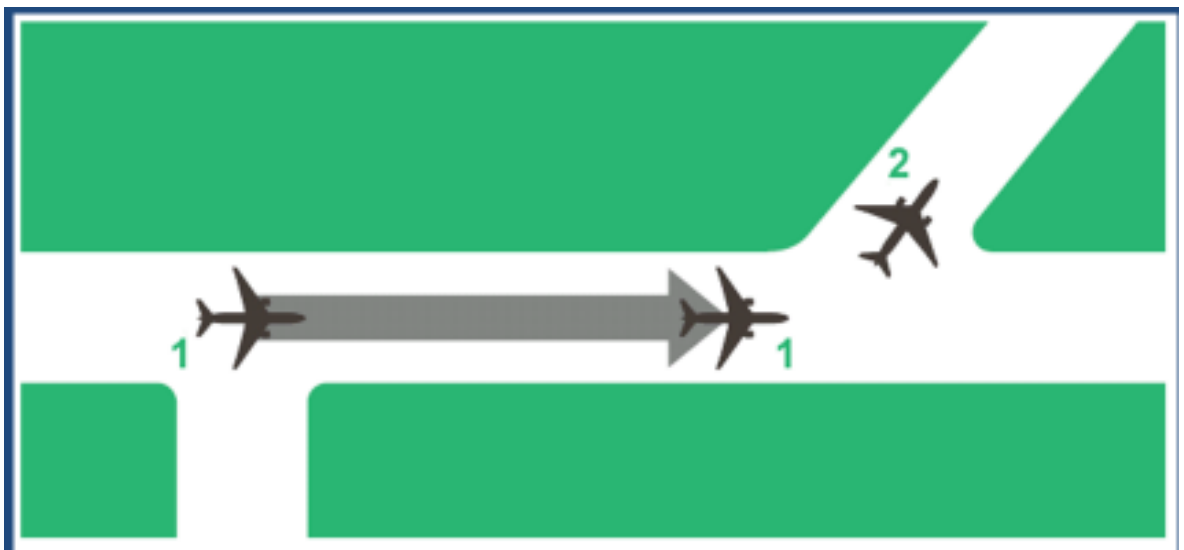
Figura 4. Simulación Categoría A.



Fuente: (Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman)

B. **Caso 2 Simulación categoría B:** Separación disminuye y existe un potencial significativo para una colisión.

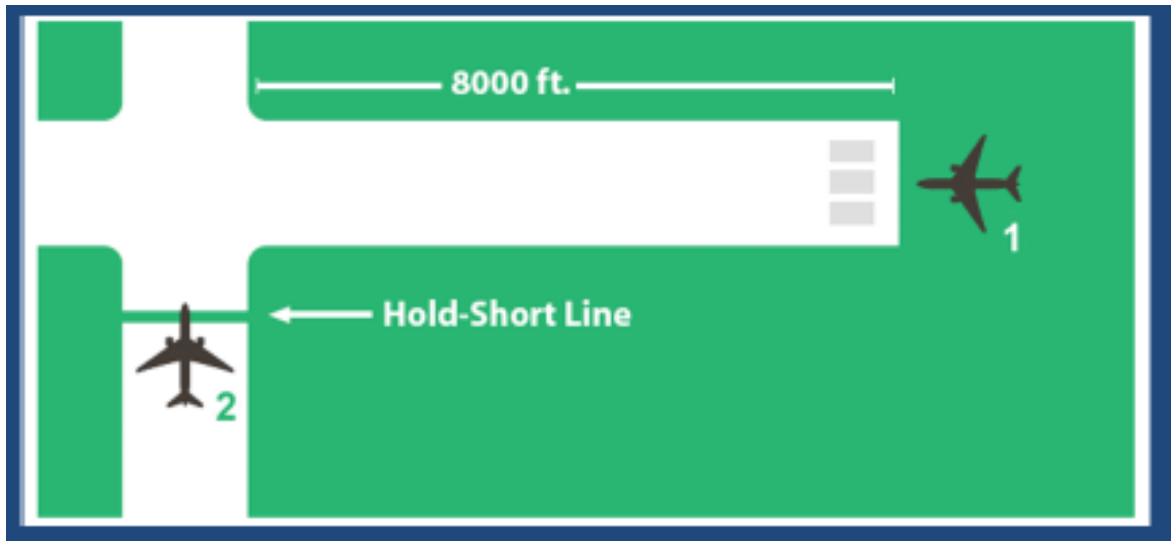
Figura 5. Simulación Categoría B.



Fuente: (Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman)

C. **Caso 3 Simulación categoría C:** La posibilidad de una colisión es baja, pero por definición, se ha producido una incursión en pista.

Figura 6. Simulación Categoría C.

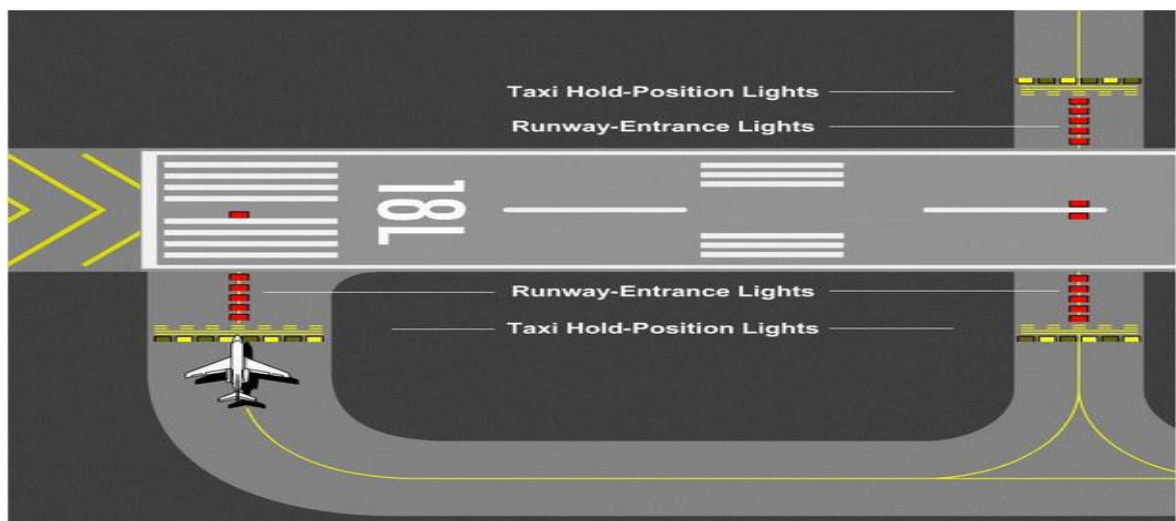


Fuente: (Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman)

Para la simulación de la categoría D de acuerdo con su definición se muestra la categoría con la implementación del sistema.

D. **Caso 4 Implementación del sistema RWLS:** Runway Entrance Lights (RELs) a lo largo de las calles de rodaje:

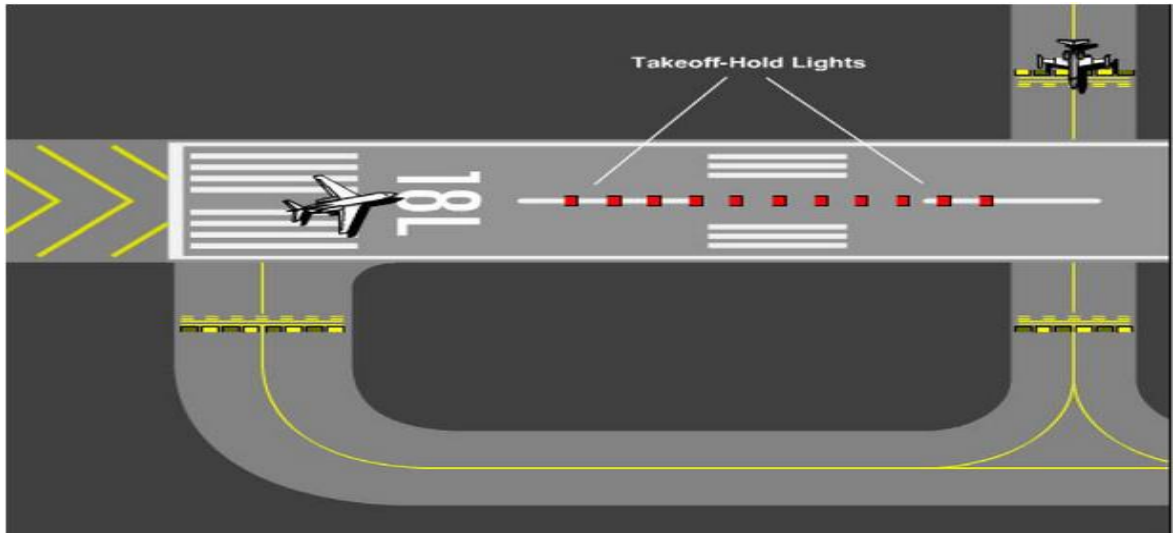
Figura 7. Implementación del sistema RELs.



Fuente: (Federal Aviation Administration , 2013)

Takeoff Hold Lights (THLs) a lo largo del eje central de la pista:

Figura 8. Implementación del sistema THLs.



Fuente: (Federal Aviation Administration , 2013)

- **Errores que generan incursiones:** Clasificaciones de los tipos de errores que podrían provocar una incursión; la especificación de los errores se evidencian en la tabla 2.

Tabla 2 Tipos de errores que generan incursiones en pistas

ERRORES OPERACIONALES	ERRORES DEL PILOTO	INVASION DE UN VEHICULO Y/O PEATON
Acción de un controlador de tráfico aéreo que genera una separación menor, a la separación mínima requerida entre dos o más aeronaves o entre una aeronave y un obstáculo	Violación de un piloto a cualquier Regulación estipulada en la FAA.	Peatón o vehículo que entra en un área de movimiento (pista/ calles de rodaje) sin autorización de la torre de control.

Fuente: Federal Aviation Administration, 2004

- **Seguridad operacional:** Se conoce como Seguridad Operacional, el concepto en el que el riesgo de lesión o daño hacia una persona se ve reducido a un nivel aceptable por medio de un proceso de identificación de peligros o de riesgos.

Se debe de tener en cuenta que para tener un concepto muy claro de lo que es la seguridad operacional, se deben de hacer énfasis en distinciones como las siguientes:

- La eliminación de todos los accidentes e incidentes serios es imposible.
- Las fallas se continuaran presentando, a pesar de todos los esfuerzos de prevención.
- No hay actividad humana o sistema diseñado por el ser humano que esté totalmente libre de peligros y errores.

Los riesgos y errores son aceptables en un sistema implícitamente seguro siempre y cuando estén bajo control.

4.2 MARCO LEGAL

4.2.1 Código de comercio

En este proyecto se soporta un marco legal basado en las normas de ejecución establecidas por la FAA; y guiado por la *European Aviation Safety Agency* (EASA) en su anexo citado al pie de página³ que inicia desde la constitución política de Colombia que enuncia en su título VII de la rama ejecutiva, capítulo I “Del presidente de la Republica”; documento citado al pie de página⁴.

En el cual se evidencia que mediante la Ley 12 del 23 de Octubre de 1947, Colombia aprobó su adhesión al CONVENIO SOBRE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, suscrito en Chicago el 7 de Diciembre de 1944, comúnmente conocido como Convenio de Chicago, instrumento internacional que rige la aviación civil en el mundo estipulado por la Aeronáutica Civil Internacional en 1947, cuya citación se hace en el pie de página.⁵

³ (Annex to ED Decision 2011/017/R, 2011)

⁴ (Secretaria del Senado, 1991. Constitución Política de Colombia)

⁵ (Organizacion de la Aeronáutica Civil Internacional, 1947. Convenio de Chicago)

Por otro lado en el código de comercio, Decreto ley 410,1971; en su Libro Quinto de la Navegación; Parte Segunda De la Aeronáutica Capítulo V “Infraestructura Aeronáutica” se enuncian las siguientes normas que se deben tener en cuenta para la aplicación del proyecto.

4.2.1.1 ART. 1808 Definición

4.2.1.2 ART. 1809 Aeródromo

4.2.1.3 ART. 1810 Clasificación

4.2.1.4 ART. 1811 Aeródromos públicos y privados

4.2.1.5 ART. 1812 Utilización de aeródromos públicos

4.2.1.6 ART. 1815 Reglamentación de aeródromos

4.2.1.7 ART. 1821 Permiso para construir y reparar aeródromos

4.2.2 OACI

Por otro lado, haciendo énfasis en la regulación internacional este proyecto igualmente es basado en los estatutos de las Organizaciones de Aviación Civil Internacional; teniendo en cuenta que para su desarrollo aplica lo siguiente:

Según el anexo 13 estipulado por la OACI se define lo siguiente:

- 1) Un accidente es un suceso ocurrido durante la utilización una aeronave debido al cual:
 - Una persona sufre lesiones mortales o graves.
 - La aeronave sufre daños considerables que significan roturas estructurales o que exigen una reparación importante.
 - La aeronave desaparece o no se puede llegar a ella.
- 2) Un incidente es un suceso relacionado con la utilización de una aeronave, distinto a un accidente, y que afecta o que puede afectar a la seguridad de las operaciones Un incidente grave es un incidente en el que intervienen circunstancias que indican que casi ocurrió un accidente.

Teniendo en cuenta lo anterior según la OACI emplean el término “suceso” para indicar un accidente y un incidente

4.2.3 Reglamentación aeronáutica de Colombia

Por último se tiene presente la Reglamentación Aeronáutica de Colombia (RAC) en su Parte Décimo Cuarta Aeropuertos, Aeródromos y Helipuertos la siguiente generalidad. Los detalles del documento se citan en el pie de página⁶.

GENERALIDADES

Ámbito de aplicación

Esta Parte desarrolla los principios contenidos en el Capítulo V de la Parte Segunda, Libro Quinto, del Código de Comercio estableciendo los requisitos y demás exigencias o condiciones técnicas que deben cumplir todos los aeródromos, aeropuertos y helipuertos abiertos a la operación pública y privada en la República de Colombia, independientemente del explotador u operador, o de cualquier arreglo contractual que ampare su explotación.

La seguridad, especialmente la relacionada con la protección de los usuarios, constituye prioridad esencial en la actividad del Sector y del Sistema de Transporte por ende los explotadores de aeródromos son responsables de los daños que cause la operación de los aeródromos, aeropuertos y helipuertos.

La parte del RAC que hace referencia al color de las luces aeronáuticas en superficie es el Apéndice 1 de la parte Décimo Cuarta llamada Instalaciones Aeronáuticas.”

4.3 MARCO HISTORICO

La Administración Federal de Aviación (FAA) ha estado trabajando en un programa para aumentar la seguridad de los aeropuertos debido a que estadísticamente se ha podido comprobar el aumento considerable de incursiones en las pistas, el cual se ha desarrollado como parte de un esfuerzo en curso para explorar nuevas tecnologías.

Entre el 2005 y el 2009, se instaló el sistema RWSL en varios aeropuertos de Estados Unidos, arrojando como resultado un reporte en el año 2010 realizado por la Administración Federal de Aviación, donde 270 aeropuertos reportaron un total de 951 incursiones de las cuales alrededor del 98% fueron incursiones de categoría

⁶ (Unidad Administrativa de la Aeronáutica Civil, 2012. Reglamentos Aeronáuticos de Colombia Parte Decimo Cuarta)

tipo C y D; y hubo 2% de incursiones de categoría tipo A y B, las operaciones aéreas cayeron desde 58,6 millones en el año 2008 hasta 52,9 millones en el año 2009, es decir un decrecimiento del 10%, la explicación correspondiente de las categorías se encuentra en la Tabla 1.

Como resultado hubo un pequeño aumento por millón en las incursiones de categoría C y D, aunque el número de incursiones serias decrecieron significativamente en la siguiente proporción: durante el año 2008, la FAA reportó 25 incursiones serias de 58,6 millones de operaciones (0,43 incursiones por millón). En el año 2009, la FAA reportó 12 incursiones serias de 52,9 millones de operaciones (0,23 incursiones por millón). Estos números representan una reducción del 52% de las incursiones serias en pista en un año según el reporte suministrado por la FAA en el 2010 y citado en el pie de página⁷.

Estas incursiones se han venido presentando desde 1990, debido a que la Junta Nacional de Seguridad en el transporte (NTSB) ha identificado las incursiones en pista como una principal preocupación, y la ha vinculado como prioridad en su lista de las mejoras de seguridad. La FAA impulsada por el movimiento de la NTSB determinó establecer un sistema de seguridad de asesoramiento, el cual se identificó como el programa de Luces de Estado de pista (RWSL), cuya función es proporcionar de una manera directa las advertencias de las posibles incursiones que se pueden generar en la pista a los pilotos con el fin de reducir el número y la gravedad de los accidentes sin interferir con las operaciones del aeropuerto.

Con el apoyo continuo de MIT Lincoln Laboratory y la Corporación ARCON, la FAA ha ampliado las evaluaciones operativas de la RWSL como un prototipo de prueba en estos aeropuertos hasta la sustitución planificada con un sistema de producción. La FAA desplegará el sistema RWSL a 17 aeropuertos principales en el Sistema Nacional de EE.UU. Este sistema ya se ha implementado en otros aeropuertos como por ejemplo, el aeropuerto Internacional de Dittroit (KDTW), en el cual ha arrojado resultados positivo y que han proporcionado la motivación de que aeropuertos internacionales como el aeropuerto internacional Jhon F. Kennedy y el aeropuerto internacional de Philadelphia, quieran adquirir ese sistema teniendo así un porcentaje más alto en su nivel de seguridad para las operaciones del

⁷ (Annual Runway Safety Report 2010. FAA-Air Traffic Organization)

aeropuerto, reduciendo la carga de trabajo para los pilotos y para los controladores aéreos según el reporte de la FAA en el año 2009; citado en el pie de pagina⁸

La figura 9 refleja los países en los cuales ya se implementó el sistema en Norte América y en los que se implementara.

Figura 9. Ubicación en Norte América del sistema.



Fuente: Federal Aviation Administration RWSL, 2013.

Como se menciona, el desarrollo de esta propuesta se basa en la seguridad en las pistas como una prioridad para la FAA y la NTSB. Cabe resaltar que una incursión sucede u ocurre de una manera muy ágil es muy rápido cuando se genera un suceso como estos, por lo tanto dejan muy poco tiempo para aplicar una acción correctiva. Por todas las estadísticas anteriormente mostradas, se ha generado un esfuerzo gigante por parte de la seguridad el poder evitarlas; pero por otro lado la seguridad tiene como uno de sus objetivos mejorar dicha seguridad sin que la capacidad del aeropuerto se vea afectada.

⁸ (Federal Aviation Administration, 2009. Annual Runway Safety Report)

El sistema RWSL lo busca es reducir las incursiones en pista, aumentando en si la conciencia situacional del piloto y de los operadores de vehículos y de igual manera sus conocimientos. Este sistema proporciona de manera automática las alertas a los pilotos y operadores de una forma clara, rápida y directa, generando así que no hallan pérdidas de tiempo en la trasmisión de advertencias.

El sistema RWSL fue desarrollado y demostrado en Boston Logan International, el primer aeropuerto de esa década de 1990, en el 2003 un prototipo de ese sistema fue instalado en el aeropuerto internacional de Dallas (DFW). Y en el 2005 otro prototipo fue instalado en el Aeropuerto internacional de San Diego.

El sistema RWSL automatizado de luces se está implementando en todos los aeropuertos de EEUU; con el fin de ayudar la seguridad en la pista, este sistema les brinda y les genera información de manera inmediata a los pilotos y operadores de vehículos de superficie; las cuales le indican que es peligroso entrar, cruzar o despegar en una pista. Según los datos suministrados por la FAA, el sistema RWSL tuvo su última implementación en las pistas y calles de rodaje del Aeropuerto Internacional Washington-Dulles (IAD)

Este sistema no requiere la entrada de los controladores, debido a que procesa la información de los sistemas de vigilancia y posteriormente activa las luces de la pista de entrada y de asimiento en concordancia con el movimiento y la velocidad del tráfico detectado. Las luces que son incrustadas por así decirlo en el pavimento son directamente visibles para los pilotos y los operadores de vehículos; por ello este sistema se cataloga como una ayuda visual.

Por otro lado según los estudios que realizo el congreso de organizaciones industriales (CIO) en su análisis beneficioso en cuanto a la estimación de costos ha sido bastante memorable ya que la inversión que se realiza al implementar el sistema es viablemente remunerada en la prevención de las incursiones; y nos muestra una gráfica en la que notablemente al pasar los años y al ir aumentando la implementación de seguridad la inversión o los costos de dichas operaciones va disminuyendo.

5. SEGURIDAD OPERACIONAL E INCURSIONES EN PISTA

Según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), Seguridad Operacional “es el estado en que el riesgo de lesiones a las personas o daños a los bienes se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos

5.1 NECESIDADES Y DISTINCIONES DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL

Se sabe que los grandes desastres aéreos ocurren muy rara vez, pero los accidentes que no se catalogan como una catástrofe, o algunos incidentes si se generan con más frecuencia. Cuando se generan estos accidentes o incidentes se considera como una señal, de la cual surge la necesidad de solucionar dichos inconvenientes. Por otro lado también se debe de tener en cuenta que prevenir o trabajar en la prevención de accidentes es un factor que demanda demasiado dinero, por lo cual se toma en cuenta que la prevención de los accidentes o generar un seguro contra los accidentes no se considera un buen negocio.

No sólo se deben de tener en cuenta los gastos que un accidente o un incidente implican; también se sabe y se conoce que frente a un inconveniente, como una falta de seguridad en las operaciones se pueden generar no solo un gasto económico; también se presentan gastos más intangibles pero no menos importantes como lo son la perdida de la confianza del viajero tanto en la aerolínea como en el medio. Es por ello que el futuro de la industria del transporte aéreo se podría fomentar en su capacidad de mantener la seguridad.

5.2 REQUISITOS DE LA OACI PARA LA SEGURIDAD OPERACIONAL

La seguridad operacional se ha venido considerando primordial en la aviación; dicha consideración se puede ver reflejada y declarada en los fines y objetivos estipulados según la OACI en el Artículo 44 del convenio de Aviación Civil Internacional (Doc7300), Más conocido como el convenio de Chicago; en el cual se le encomienda a la OACI el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional en todo el mundo.

Debido a esto, se han generado requisitos que deben de cumplir los Estados para gestionar la seguridad operacional; la OACI hace distinción entre los programas de seguridad operacional que se crearon y los sistemas de gestión de la seguridad operacional; más conocido como SMS.

Para lo anteriormente mencionado se enuncia la siguiente definición:

- Un programa de seguridad operacional es un conjunto en el cual se integran los reglamentos y las actividades encaminadas a mejorar la seguridad operacional.
- Un sistema de la seguridad operacional (SMS) es un enfoque sistemático para la gestión de seguridad operacional, que incluye la estructura orgánica, las líneas de responsabilidad, las políticas y los procedimientos necesarios para ese fin.

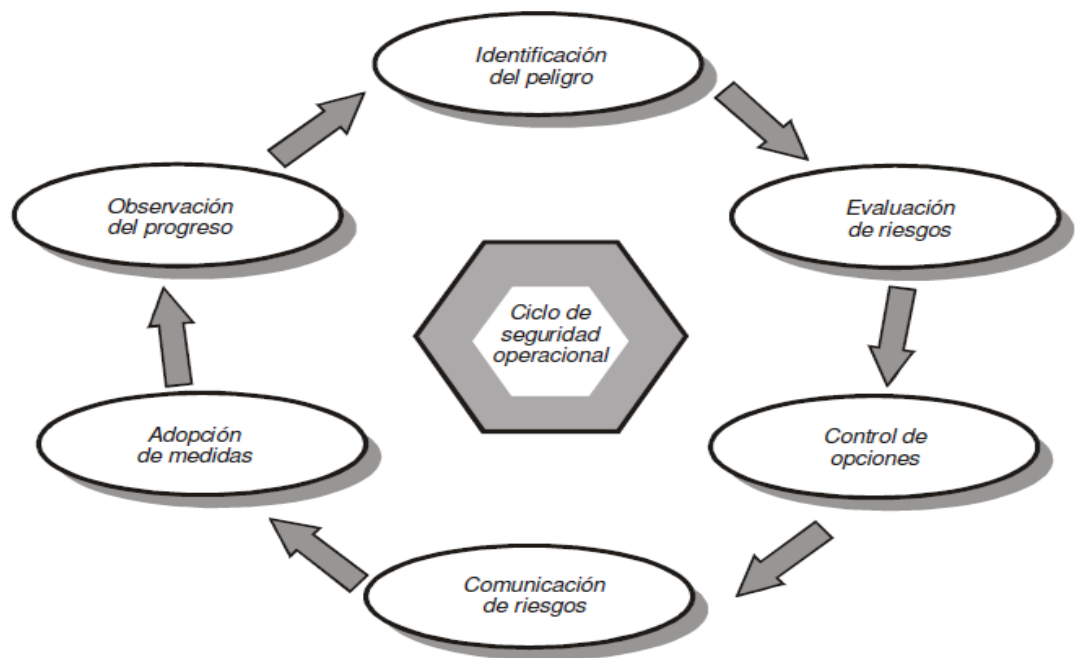
Los programas de seguridad operacional incluyen actividades; las cuales están dirigidas a alcanzar los objetivos planteados por el programa; dicho programa de un Estado comprende las instrucciones y los reglamentos para la realización de operaciones seguras, las actividades que puede comprender el programa son la notificación de accidentes, investigaciones de seguridad operacional, auditorias de la seguridad operacional y promoción de la seguridad operacional. El poner en práctica estas actividades genera de una manera directa un sistema de seguridad operacional, el cual requiere la integración de un SMS coherente.

De lo anteriormente mencionado y según lo estipulado en los anexos 6, 11 y 14 del convenio; los estados deben de exigir a cada explotador, a cada organismo de mantenimiento, proveedor de ATS y explotador de aeródromo certificado; que pongan en práctica un SMS aprobado por el estado. Un SMS debe de tener como mínimo en su contenido:

- La identificación de los peligros para la seguridad operacional.
- Debe de asegurar que se aplican las medidas correctivas necesarias para mitigar los riesgos y peligros.
- Debe de generar una supervisión permanente, y una evaluación periódica y constante de los niveles de seguridad operacional lograda.
- Debe de definir claramente las líneas de responsabilidad por la seguridad operacional.

A continuación se ilustra gráficamente como sería el proceder o el ciclo que se llevaría a cabo si se elabora un SMS eficaz y que cumpla con lo anteriormente mencionado según la OACI.

Figura 10. Ciclo de seguridad operacional.



Fuente: (OACI, Manual de gestión de seguridad operacional, 2006)

5.3 RESPONSABLES EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL

5.3.1 Responsabilidad de la OACI en la gestión de seguridad operacional

Desde una perspectiva de reglamentación, la OACI tiene la función de proporcionar orientaciones y procedimientos que garantizan la realización segura de operaciones. De una u otra forma esto se ha logrado elaborando Normas y métodos que figuran en el los Anexos del convenio de Chicago. De igual forma la OACI contribuye a la gestión de seguridad operacional promoviendo las mejores prácticas como las siguientes:

- Proveer textos de orientación a los estados y explotadores, los cuales abarcan la mayoría de los aspectos de la seguridad operacional en la aviación; dichos textos se ven reflejados en manuales circulares.
- Elaboración de manuales en los cuales se describen principios de gestión de seguridad operacional y ofrece la orientación para ejecutar los procesos.
- Definir los procedimientos internacionales para la investigación y notificación de accidentes e incidentes de aviación.

- Difunde la información sobre los accidentes y los incidentes por medio del sistema de notificación de datos sobre accidentes/incidentes (ADREP).
- Difunden la información de los accidentes por medios magnéticos.
- Participación en conferencias, en seminarios y otras reuniones que traten de aspectos específicos de la seguridad operacional en la aviación.
- Realizar auditorías en el marco del Programa universal de auditoria de la vigilancia de la seguridad operacional (USOAP).

5.3.2 Responsabilidad de las organizaciones e instituciones en la seguridad operacional

La responsabilidad de seguridad operacional en organizaciones internacionales, en autoridades de reglamentación de la aviación civil de los Estados, propietarios y explotadores de aeronaves, proveedores de servicios para la navegación aérea y aeródromos, fabricantes de aeronaves, organismos de mantenimiento, asociaciones industriales y profesionales e instituciones de enseñanza; es muy alta; y data en la correspondencia de las siguientes actividades:

- Definición de políticas y normas que afectan a la seguridad operacional
- Asignación de recursos para las actividades de gestión de riesgos.
- Identificación y evaluación de peligros para la seguridad operacional.
- Adopción de medidas para eliminar peligros o reducir el correspondiente nivel de riesgo a lo que se le ha dictaminado un nivel de riesgo aceptable.
- Incorporación de adelantos técnicos en el diseño y mantenimiento de equipos.
- Evaluación de la vigilancia de la seguridad operacional.
- Investigación de accidentes e incidentes graves.
- Adopción de las mejores prácticas de la industria, y que sean más apropiadas.
- Promoción de la seguridad operacional de la aviación.
- Actualización de los reglamentos que rigen la seguridad operacional en la aviación civil.

5.4 LA SEGURIDAD OPERACIONAL SEGÚN LA ADMINISTRACION DE AVIACIÓN CIVIL (CAA)

Como primera medida, se enuncia que el CAA es el órgano del Estado responsable de la aplicación de las disposiciones legislativas y de reglamentación para la seguridad operacional de la aviación. Este órgano elabora y ejecuta el programa de seguridad operacional del estado; pero esto se debe de guiar por:

- Una declaración clara de sus objetivos y su misión
- Un conjunto de principios operacionales como lo son prestar servicios seguros y eficaces; y valores empresariales como la competencia, apertura de espíritu, equidad, integridad, respeto, sensibilidad ante las necesidades de los clientes.
- Una declaración de los objetivos de seguridad operacional de la administración.
- Estrategias para alcanzar sus objetivos.

5.5 SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACIÓN CIVIL COLOMBIANA

En Colombia con el fin de gestionar la seguridad operacional se han generado circulares informativas como la que el pasado 31 de enero del 2011 se presentó, en la tiene como propósito recordar a las organizaciones aeronáuticas de aviación civil en Colombia, sobre la obligación de gestionar la seguridad operacional con el fin de reducir o mitigar los factores de riesgo que afectan la seguridad aérea por ser causante de accidentes.

Se ha generado un análisis estadístico de accidentalidad e incidentalidad en Colombia en un periodo comprendido entre el 2000 – 2010 en el cual se puede destacar que:

- En el año 2010 el número de accidentes aéreos de la aviación civil Colombiana se redujo de manera significativa en un 37,5%.
- El 2010 ha sido el año con menor número de accidentes aéreos de la aviación civil Colombiana en los últimos 16 años.

Estas cifras son suministradas por la Aerocivil, en su circular informativa del año 2011 evidenciada en el Anexo 2.

Pero aunque la situación a lo largo de este tiempo ha tenido una notable mejoría, no se puede dejar atrás factores que aún están ocasionando inconvenientes de accidentalidad e incidentalidad, no solo en Colombia; en muchas partes del mundo; aunque en este caso hacemos una referencia puntual en el caso Colombiano en el cual se basa esta propuesta. Dichos factores aseguran una recomendación en trabajar lo siguiente:

- Las empresas de transporte aéreo comercial no regular (taxis aéreos) y las de trabajos aéreos especiales son las que presentan un mayor grado de accidentalidad en Colombia.
- Las aproximaciones no estabilizadas, han sido un factor contribuyente en los accidentes tipo ALA en Colombia.
- Las aves ocasionan el mayor número de incidentes en Colombia.
- Se han incrementado los eventos AIRPROX en Colombia los últimos años.
- Hay una tendencia de ascendente de accidentes / incidentes por factor de mantenimiento.

5.5.1 Regulaciones relacionadas y entidades en las que se debe aplicar un SMS

Colombia al igual que otros países del mundo se rige por ciertos entes a nivel mundial; en el caso de la seguridad operacional lo regula los siguientes estatutos:

- Reglamento Aeronáutico Colombiano sección 22
- Manual de gestión de Seguridad Operacional Doc. 9859 de OACI.

Por otro lado, según la circular en la que están basados estos datos se les aplica un SMS en el cual se debe de cumplir lo establecido en el RAC parte 22; en el cual se deben conocer las investigaciones de accidentes adelantadas por la UAEAC y cumplir las recomendaciones de la misma; a las entidades que a continuación se mencionan:

- Organizaciones de mantenimiento.
- Operadores aéreos.
- Operadores de aeropuertos.
- Prestadores de servicios ATS.
- Centros de instrucción.

5.6 CONCEPTO DE RIESGO EN LA SEGURIDAD OPERACIONAL

Como primera medida, al hablar de seguridad operacional se debe de tener muy en cuenta el que se trata de un riesgo; la seguridad operacional absoluta no existe, para poder determinar si un sistema es seguro o no primero se debe de determinar si su nivel de riesgo es aceptable para el sistema.

Un riesgo se expresa como una probabilidad, de igual forma van clasificados en tres categorías:

- Riesgos que son muy elevados y son inaceptables.
- Riesgos bajos y son aceptables.
- Riesgos que están en un margen de aceptables y no; por lo tanto se debe de analizar si se compensan entre un riesgo y un beneficio.

Si un riesgo no llega a satisfacer los criterios de aceptabilidad que se determinaron se puede mitigar con el fin de reducirlo a un nivel que llegue a ser aceptable. Pero en dado caso que esto no se pueda realizar, se puede considerar que sea tolerable si:

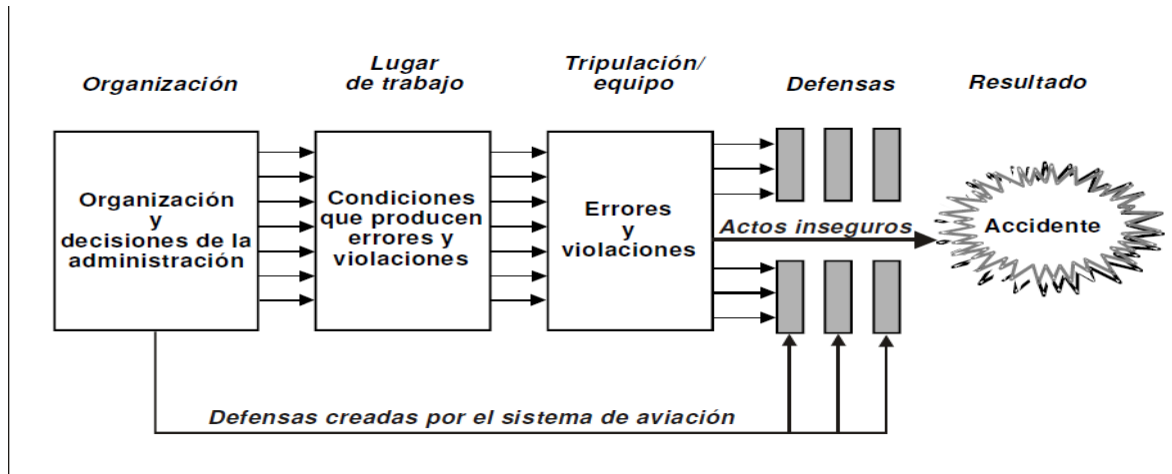
- El riesgo es menor que el limite inaceptable predeterminado.
- El riesgo ha sido reducido al nivel más bajo posible.
- Los beneficios son del sistema o de los cambios propuestos son suficientes para justificar la aceptabilidad del riesgo.

5.7 ACCIDENTES POR FALLA EN LA SEGURIDAD OPERACIONAL

Se debe de tener muy claro y presente que la más clara evidencia de una perturbación grave de la seguridad operacional de un sistema es un accidente. Debido a que la gestión de seguridad operacional busca reducir la probabilidad de que ocurran accidentes y sus consecuencias, de igual forma busca comprender las causas que originan accidentes e incidentes; por ello en el ámbito de la seguridad operacional no se busca establecer la diferencia entre uno y otro ya que van estrictamente relacionados.

En la figura 11 se puede observar el gráfico de un proceso de causalidad de accidentes

Figura 11. Modelo de causalidad de los accidentes



Fuente: (OACI, Manual de gestión de seguridad operacional, 2006)

Los actos inseguros que se evidencian anteriormente podrían ser el resultado de errores ordinarios o pueden ser el resultado de violaciones de las prácticas y los procedimientos ya prescritos.

Tanto los accidentes como los incidentes ocurren dentro de un conjunto definido de circunstancias y condiciones; en las cuales se encuentran la aeronave y otros equipos, las condiciones meteorológicas, los servicios de aeropuerto y de vuelo, el ambiente de la reglamentación, las empresas que desarrollan las operaciones, de igual forma que influye mucho el factor humano.

Este ítem es demasiado importante; ya que al comprender el contexto en el que ocurren los accidentes es fundamental para la gestión de seguridad operacional. Entre los principales factores que crean el contexto de los accidentes e incidentes cabe destacar: el diseño de los equipos, la infraestructura de apoyo, los factores humanos y culturales y la cultura de seguridad operacional.

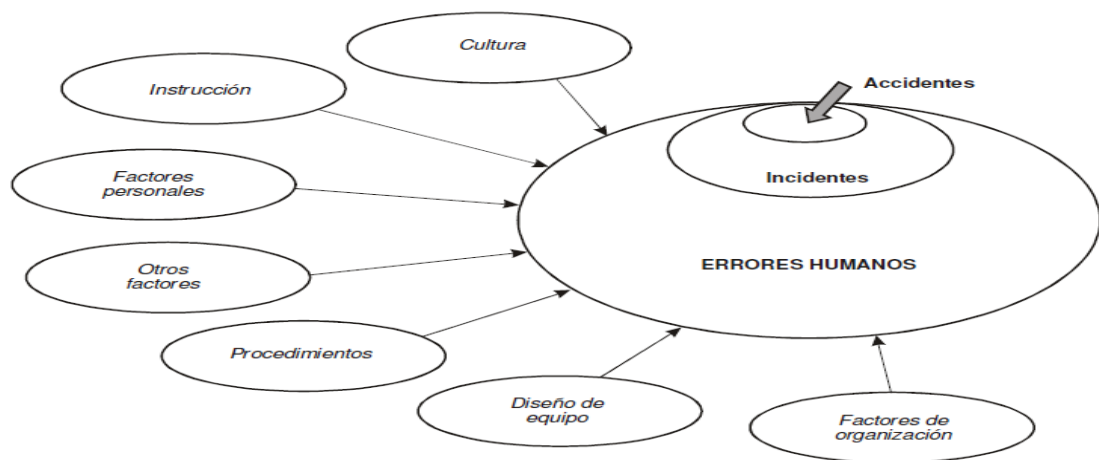
Por otro lado muy aparte a los factores básicos que generan un accidente se debe considerar que el error humano es la causa o el factor más contribuyente en la mayoría de los sucesos de aviación. Esto es debido a que el personal aunque sea competente tiene errores como todos los seres humanos, aunque esto no se planee. Para la gestión operacional es vital comprender como la gente normal puede cometer errores; es la única forma en la que se pueden aplicar medidas eficaces para reducir al mínimo los efectos de los errores humanos en la seguridad operacional.

Se debe de tener en cuenta que el elemento humano es la parte más flexible y adaptable del sistema de aviación, pero de igual forma es el más vulnerable a las influencias que pueden perjudicar la misma parte. Debido a que la mayoría de los accidentes se generan por una actuación humana. Pero un error humano en la seguridad operacional no está bien denominado, ya que no es muy útil porque indica donde ocurrió la falta pero no especifica porque ocurrió; por lo tanto para un sistema de seguridad operacional es más factible enunciar un error que se atribuya a personas. Por otro lado si se tiene en cuenta la expresión de error humano, lo que permite es ocultar los factores que se deben de sacar a la luz para evitar los accidentes.

Los errores que se pueden producir durante la etapa de planificación o la ejecución del plan. Los que se producen durante la planificación conducen a una equivocación, bien sea que la persona sigue un procedimiento de una manera impropcedente para tratar un problema ordinario, o que se construye un plan de medidas impropcedentes para enfrentar una nueva situación. En la ejecución de un plan se puede presentar un descuido, el cual se considera como una acción que no se llevó a cabo como se tenía planeado; o un lapsus que es una falla de la memoria y puede no ser necesariamente evidente para la persona que no la experimento.

A continuación se muestra una gráfica en la que se evidencian más puntualmente los factores que pueden contribuir en un error humano.

Figura 12. Factores que contribuyen a que ocurran errores humanos



Fuente: (OACI, Manual de gestion de seguridad operacional, 2006)

5.8 ACCIDENTALIDAD A CAUSA DE UNA INCURSION

Como se ha venido mencionando a lo largo del desarrollo de este proyecto, se sitúa de una manera global la citación las incursiones que se generan en las pistas a causa de la falta de implementación de un sistema que podría prevenirlas; pero básicamente, este proyecto tiene un total enfoque en las pistas del aeropuerto el Dorado de Bogotá. Pero para poder citar lo anterior mente enunciado, es de vital importancia saber y conocer en que se basa una incursión; al igual que se debe de tener en cuenta que las incursiones en pista, es uno de muchos peligros operacionales contra los que luchan las autoridades aeronáuticas en todos los aeródromos del mundo; este peligro se genera por el ingreso terrestre de una aeronave, de un vehículo o de personas a la franja de seguridad establecida para el aeropuerto.

Usualmente dicha franja es visible en las calles de rodaje que desembocan en las pistas mediante las barras de parada.

En la lucha que ha generado este inconveniente las autoridades aeronáuticas en los aeropuertos que se encuentran más congestionados se ha buscado implementar sistemas de alerta para minimizar al máximo las incursiones en las pistas.

5.9 CAUSAS DE UNA INCURSION

- Pérdida de conciencia situacional
- Desorientación especial
- Barrera del lenguaje (idioma)
- Falla en el proceso de comunicación con el (ATC)
- Falta de familiarización con los aeropuertos.
- Falta en los procesos de integración y comunicación eficiente entre pilotos (CRM)
- Falta de revisión de NOTAMS
- No referirse a la carta del Aeropuerto
- No corroborar instrucciones
- Los aeropuertos no tienen radar de superficie
- Surge una duda y no se consulta a la torre, se suelen asumir las cosas.

5.10 CATEGORIAS DE LAS INCURSIONES EN PISTA

Las incursiones en pista están agrupadas en tres categorías a nivel global:

- a) Desviaciones de pilotos: Violación a las regulaciones.
- b) Errores operacionales: Son atribuidos al control de tráfico aéreo.
- c) Desviación de personas o vehículos: la presencia de vehículos o personas, en la pista principal o calles de rodaje sin autorización del control.

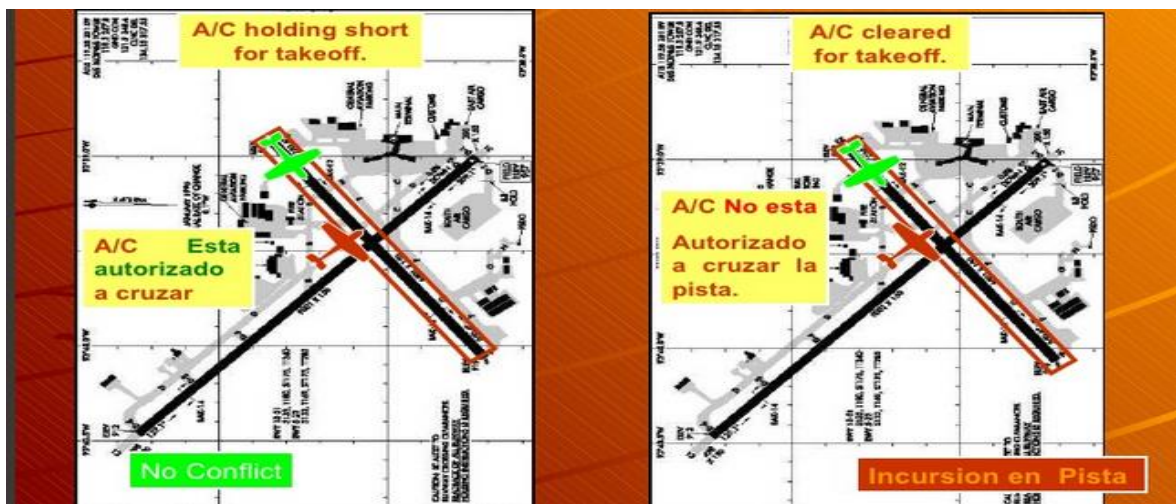
El desglose de la categorización de los tipos de incursión se encuentra en la Tabla 1. Y su asignación grafica para cada categoría en las imágenes 4, 5, 6 ,7 y 8 respectivamente.

5.11 INCURSIONES EN FASES DE VUELO

Las incursiones se pueden presentar en dos de las fases de vuelo; en las figuras 13 y 14 se muestra gráficamente como se evidencia en cada una de las fases:

A. Fase de despegue:

Figura 13. Incursión en pista, fase de despegue



Fuente: (Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman)

B. Fase de aterrizaje

Figura 14. Incursión en pista, fase de aterrizaje



Fuente: (Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman)

5.12 REFERENCIAS DE SEGURIDAD OPERACIONAL SEGÚN LA OACI

El aspecto de seguridad operacional para la OACI ocupa un lugar de elevada preponderancia. A pesar de la desaceleración económica, la demanda de transporte aéreo sigue creciendo. Y con ese crecimiento, la aviación sigue siendo el método de transporte más seguro; que lleva consigo un índice de accidentes mundial notablemente bajo, que data de aproximadamente 4,1 accidentes por millón de salida. En los últimos años la OACI ha adoptado un enfoque más orientado a la acción para promover el desarrollo seguro de la aviación civil internacional; debido a esto la organización ha buscado avanzar en las prácticas de gestión de seguridad operacional a través de la introducción de (SMS) y el programa de seguridad estatal (SSP).

Según el planteamiento que realiza la OACI en el Anexo 14; citado en el pie de página⁹, establece las disposiciones que se deben tener con las ayudas visuales para la navegación aérea, los sistemas de control en cuanto al movimiento en la superficie, las operaciones de vehículos en los aeródromos, entre otros; todo esto se realiza para contribuir en la prevención de las incursiones en pista.

⁹ (OACI, Situación de la seguridad operacional de la aviación mundial, 2011)

Por otro lado para el estudio de la implementación del sistema, es importante citar según la OACI en el anexo 11 del año 2011, los SARPS que elaboran requisitos que van asociados con las implementaciones por parte de los ATS y el establecimiento de niveles de seguridad nacionales aceptables, los cuales incluyen o tienen en cuenta los aeródromos.

Y por último igual que los anteriores párrafos, se hace referencia al anexo 6 de la OACI en el año 2011, enunciando que la operación de aeronaves exige que los estados aprueben un manual de operaciones que debe de tratar los procesos que contribuyen a la seguridad en las pistas como los siguientes Ítems:

- Procedimientos normalizados para cada fase del vuelo.
- Instrucciones sobre el mantenimiento de conciencia de altitud y el uso de llamadas de altitud automatizadas o de tripulación de vuelo.
- Las instrucciones sobre la aclaración y aceptación de las autorizaciones ATC, en especial donde está involucrada la autorización del terreno.
- Notificaciones de salidas y aproximaciones.
- Procedimientos para la familiarización con áreas, rutas y aeródromos.
- Procedimientos de aproximación estabilizados.

La OACI estipula un desafío a la aviación general el corregir los riesgos de accidentes en pistas y calles de rodaje que tienen los pilotos y las aeronaves que se generan por la incapacidad para poder orientarse en la plataforma debido a la deficiente o inexistente señalización y a la inexperiencia de algunos pilotos

5.13 ORGANIZACIONES DE INVESTIGACION DE ACCIDENTES E INCIDENTES

La finalidad de las organizaciones de investigación de accidentes es facilitar la implementación de sistemas que investigue las causas de los accidentes o los incidentes, proporcionando simultáneamente una mejora en la economía mediante recursos financieros y humanos, que le posibilite a dichas organizaciones cumplir sus obligaciones con la investigación.

Los objetivos principales que tienen estas organizaciones son:

- Asegurar el establecimiento de una organización regional de investigación de accidentes e incidentes de aviación que cuente con una financiación adecuada y la capacitación pertinente.
- Asegurar que todos los accidentes e incidentes de aviación se investiguen en conformidad con el ANEXO 13 – Investigación de accidentes e incidentes de aviación, de la OACI.

- Intensificar la cooperación, eliminando la duplicación de esfuerzos.
- Aumentar el intercambio de información.

Cabe resaltar que el sistema de investigación que tienen las organizaciones debe de ser totalmente independiente. Es decir se debe de tener una separación neta entre las organizaciones de investigación y la aviación civil.

5.14 ESTADISTICAS DE ACCIDENTES E INCIDENTES

En la figura 15 se puede evidenciar las estadísticas de incursiones que se han presentado desde el año 2005 al año 2010 por parte de la aviación civil.

Figura 15. Relación de Accidentes y muertes



Fuente: (OACI, Situación de la seguridad operacional de la aviación mundial, 2011)

La anterior imagen es suministrada por la OACI; ya que esta busca examinar el índice de accidentes como un indicador base y principal de la seguridad operacional en el sector del transporte aéreo mundial, basándose en el tráfico aéreo comercial.

En la figura 16 se muestra otra tabulación gráfica en la que se simplifica el número de accidentes durante los años 2005 – 2010 en accidentes por millón.

Figura 16. Índice mundial de accidentes por millón de salida.



Fuente: (OACI, Situación de la seguridad operacional de la aviación mundial, 2011)

Luego de evidenciar una tabulación global de los accidentes se toma como referencia los índices que enmarca la OACI en el año 2010 a nivel mundial de la siguiente manera:

Figura 17. Estadísticas e índices de accidentes 2010

Estadísticas e índices de accidentes: 2010				
Región de la ONU	Tráfico	Accidentes		Accidentes mortales
		Número	Índice ³	
África	1 013 063	17	16,8	3
Asia	7 629 403	24	3,1	9
Europa	7 263 218	24	3,3	2
América Latina y el Caribe	2 976 575	16	5,4	5
América del Norte	10 624 134	35	3,3	0
Oceanía	1 050 120	5	4,8	0
Mundo	30 556 513	121	4,0	19

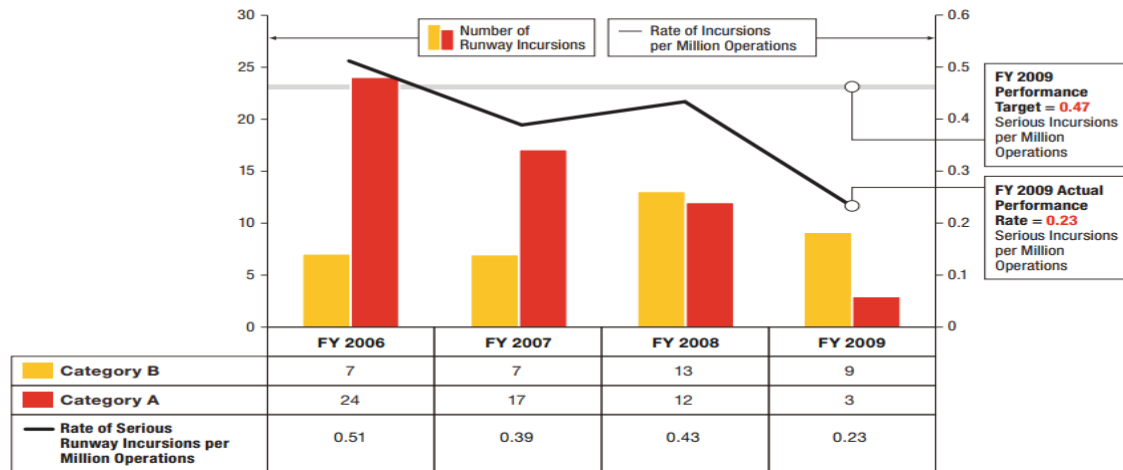
Fuente: (OACI, Situación de la seguridad operacional de la aviación mundial, 2011)

5.14.1 Estadísticas de incursiones en Colombia

Según la categorización que se ha mencionado anteriormente, en la figura 18 se presenta una estadística de las incursiones en Colombia según la categoría desde el 2006 hasta el 2009; y de igual forma se presentara para estos años el número de incursiones total.

Figura 18. Categorización de las incursiones en pista en Colombia

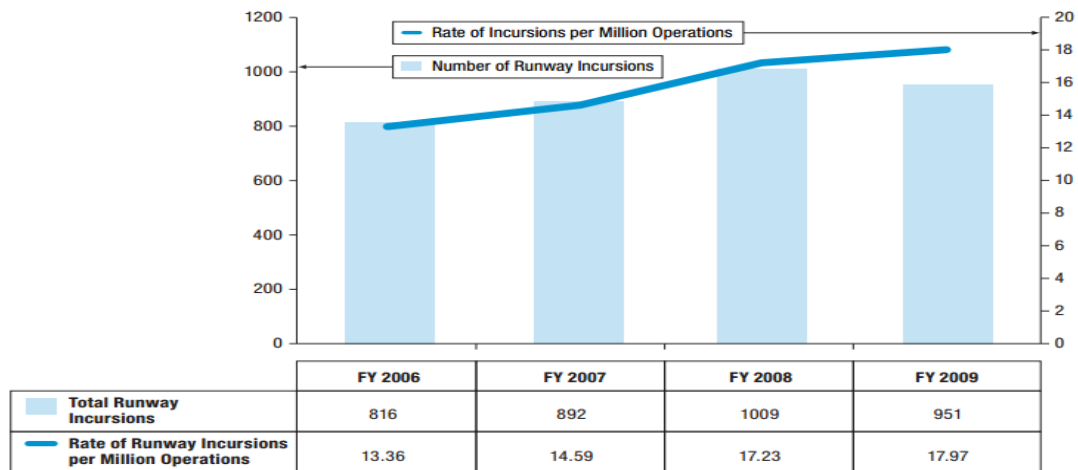
Number and Rate of Serious Runway Incursions, Categories A and B (FY 2006–FY 2009)



Fuente: (Runway Status Lights, 2010)

Figura 19. Numero de incursiones en pista en Colombia

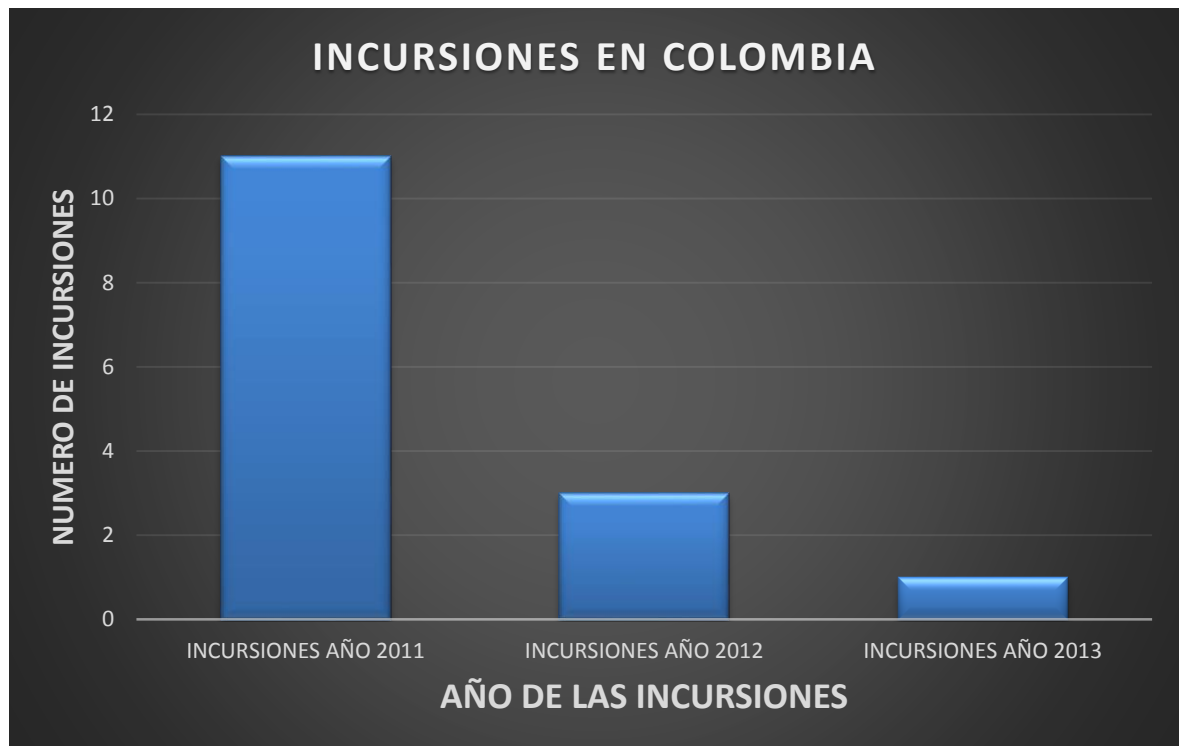
Number and Rate of Runway Incursions (FY 2006–FY 2009)



Fuente: (Runway Status Lights, 2010)

Esta propuesta de viabilidad se enmarca en el ámbito Colombiano; más específicamente en el Aeropuerto El Dorado de Bogotá; por lo tanto en la figura 20 se muestran un resumen tabular de las estadísticas reales de incursiones que se han presentado en el aeropuerto durante los años 2011-2013; las especificaciones de dichos accidentes se pueden encontrar en el anexo 1.

Figura 20. Estadísticas de incursiones Aeropuerto El Dorado 2011, 2012, 2013

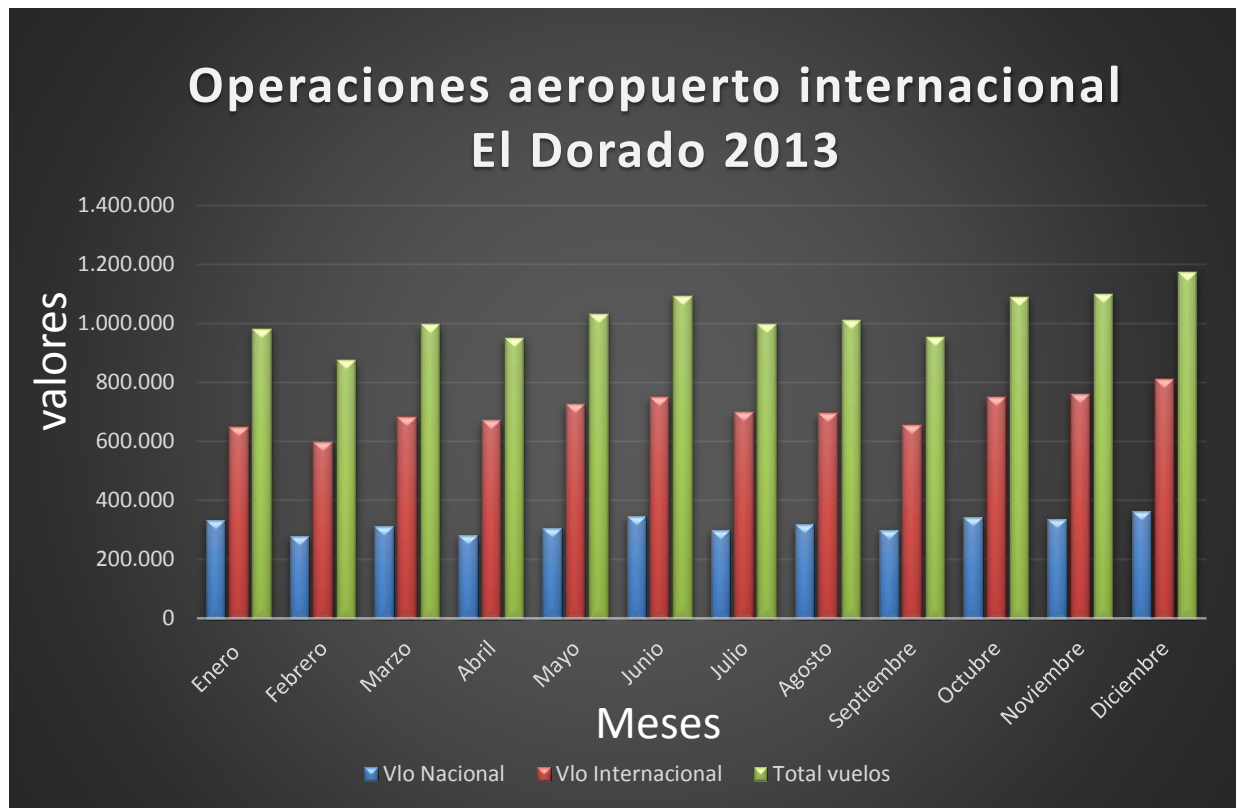


Fuente: (AEROCIVIL, 2011)

Por otro lado para poder soportar las estadísticas de las incursiones en el aeropuerto El Dorado, es importante resaltar el flujo de operaciones que se manejan en el aeropuerto tanto nacional como internacional; este reporte es suministrado por Opain y registrado en su página principal como estadísticas trimestrales.

En la figura 21 se puede observar la tabulación del flujo operacional que tuvo el aeropuerto durante el año 2013 tanto nacional como internacional y su totalidad mensual.

Figura 21. Estadísticas de operaciones Aeroportuarias El Dorado 2013



Fuente: Opain, el nuevo dorado estadísticas 2013

6. SISTEMA RWSL

6.1 DESCRIPCION

El sistema RWSL es un sistema de luces que involucra nuevas tecnologías aprobado por la FAA, se está implementando con la finalidad de hacer las pistas más seguras, especialmente en los aeropuertos que generan más demanda de tráfico.

La finalidad del sistema es proporcionar alertas visuales a los pilotos y conductores cuando el tráfico al ingresar a la pista es peligroso, no solamente al ingresar; de igual forma al atravesar o al comenzar el despegue. Cabe resaltar que las luces mejoran la seguridad sin intervenir ni afectar las operaciones normales siendo así una consideración importante para los aeropuertos que manejan un tráfico aéreo concurrido y cientos de operaciones por hora.

6.2 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del sistema se basa en un análisis de datos que realiza un radar y el seguimiento que realiza un satélite con el equipo de detección de superficie del aeropuerto Modelo X (ASDE-X); este tipo de sistemas se emplean para los radares de superficie, la multilateración, y en algunos casos se emplea en ADS-B. Lo que hace este equipo es incluir información sobre la ubicación de las aeronaves y los vehículos.

Básicamente el sistema RWSL emplea una serie de algoritmos para poder calcular las futuras trayectorias y los posibles conflictos.

Dicho sistema lo que hace es accionar las líneas de luces de color rojo sobre la acera de las calles de rodaje en el momento en el que se aproxime una aeronave, con el fin de que otra aeronave o vehículo tenga conocimiento de la invasión que se genera en la pista; y no proceda a acceder para poder evitar una incursión; las luces se apagarán posteriormente la aeronave sea obrada y el vehículo o la otra aeronave pueda acceder.

El RSWL se emplea básicamente o fundamentalmente para los vehículos de tierra y para las aeronaves, y estas luces como se explicó anteriormente buscan advertir al conductor del vehículo que no puede ingresar ya que la pista se encuentra en uso.

Por otro lado este sistema busca facilitar o amenizar el trabajo de los ATC brindándoles la orientación necesaria para las operaciones en pista.

Figura 22. Sistema ASDE-X



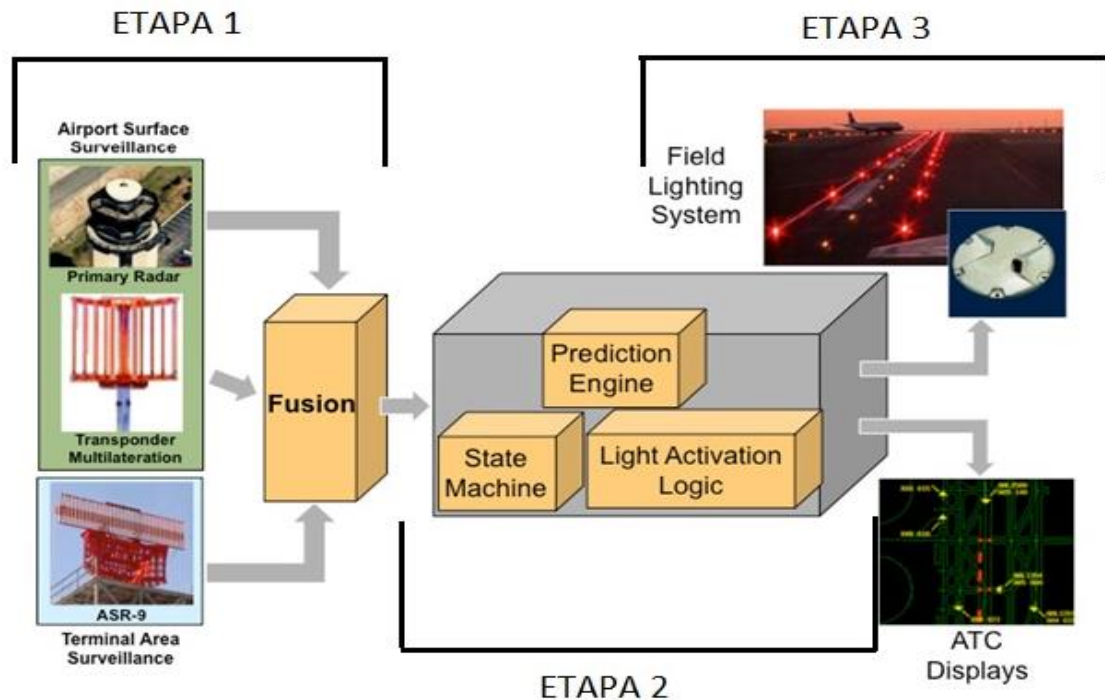
Fuente: (IPP, 2013)

Como se mencionó anteriormente el impulso que tuvo este sistema se generó por la información del sistema de vigilancia de sensores múltiples; se usa un equipo de detección de las superficies que es el modelo que se muestra en la imagen anterior, el cual proporciona tres fuentes; uno de posición y otros de información para aeronaves y los vehículos que se encuentran en tierra. Básicamente el funcionamiento del sistema está en procesar la información de vigilancia y ordenar la iluminación del campo y lógicamente un sistema para encender las luces y apagarlas de acuerdo al movimiento del tráfico

6.2.1 Diagrama de bloques

El funcionamiento del sistema que muestra en la figura 24 es el sistema RWSL resumido en un diagrama de bloques básico; en el cual se refleja el proceso por etapas que se genera para que el sistema pueda funcionar y cumpla su objetivo.

Figura 23. Diagrama de bloques



Fuente: (Federal Aviation Administration)

6.2.1.1 Primera etapa: El funcionamiento del sistema que muestra en el siguiente diagrama se realiza como primera medida con un sistema de vigilancia cuya función es utilizar la tecnología de vigilancia aeroportuaria que trabaja en conjunto con técnicas muy avanzadas que fusionan datos, y una lógica computacional cuya función es impulsar automáticamente las luces de estado en la superficie del aeropuerto. El sistema RWSL tiene el conocimiento de la ubicación de cada aeronave y vehículo en la superficie del aeropuerto y de las llegadas y salidas del aeropuerto. Este tipo de información las genera las diferentes fuentes de vigilancia:

- Radar primario; equipo de detención (ASDE)
- La diferencia horaria de multilateración que se genera utilizando los interrogatorios y respuestas de aeronaves y vehículos que están capacitados con transpondedores.
- Los radares que se emplean para el control de tráfico aéreo, el sistema de vigilancia operacional de radares aeroportuarios.

6.2.1.2 Segunda etapa: En un siguiente paso encontramos la fusión de datos en la vigilancia; que en un principio se tomó como un desafío fusionar datos provenientes

de diferentes fuentes o sensores como lo son el ASR, ASDE y la multilateración; con un mismo fin, el cual es evitar que un avión tenga múltiples pistas y polarizar los datos que varían entre el posicionamiento que brinda el ASDE (detecta el centroide del radar) y la multilateración (detecta la ubicación de la antenna). Igualmente la fusión de los datos busca suplir falencias prácticas como una mala referencia de los sistemas de multilateración debido a la misma respuesta que puede dar a transpondedores simultáneos. La fusión de los datos en el sistema RWSL permite crear pistas “Limpias”, que se ven reflejados en el sistema de luces, es importante resaltar que los vehículos q están en tierra no tienen transponder para poder ser identificados, por lo tanto el sistema RWSL es apto para utilizar el radar primario.

6.2.1.3 Tercera etapa: En un tercer paso se enuncia que el sistema RWSL es un sistema lógico que se refleja en una serie de luces que determina el estado de la pista; es decir determina si se detuvo un vehículo, si está en fase de rodaje, de aterrizaje o de salida. Este sistema lógico, básicamente determina en que momento las luces se deben de encontrar encendidas o apagadas, esto se determina de acuerdo a la localización del tráfico. Para una mejor comprensión la imagen que se muestra a continuación expresa un claro ejemplo de la lógica de seguridad durante una operación de salida.

Figura 24. Lógica de seguridad durante una operación de salida

Aircraft Behavior	Stopped on the runway awaiting takeoff clearance	Begins departure roll	Becomes a high-speed operation (> 25 kts)	Passes taxiway intersections	Rotates and begins climbing
RWSL State	STP (stopped)	TAX (taxi)	DEP (departure)	DEP (departure)	AIR (airborne)
RELs	OFF	OFF	ON	OFF at nothreat locations, ON downfield	All locations OFF

Fuente: (Federal Aviation Administration - FAA, 2004)

Tabla 3. Operación de seguridad durante la salida

Acción de la aeronave	Estado del RWSL	Estado de los RELs
En la pista esperando autorización de despegue.	STP (Detenido)	OFF
Inicia el proceso de salida	TAX (Taxi)	OFF
Operación de velocidad mayor a 25 Nudos	DEP (Salida)	ON
Intersecciones de calle de rodaje	DEP (Salida)	OFF en ninguna ubicación que contenga amenaza; ON si se presenta alguna amenaza en el terreno.
Inicia el asenso	AIR (En vuelo)	OFF (Todas las ubicaciones)

Fuente: Autor

6.2.1.4 Cuarta etapa: Un último paso para interpretar en el diagrama de bloques es el sistema de iluminación en el campo, el cual se forma utilizando los datos de los radares de vigilancia, la fusión de los procesos de seguridad, el control de una computadora de luz (LCC) que se comunicaran con el sistema de iluminación del campo (FLS) con el fin de activar las luces que se encuentran instaladas en la pista, cuya indicación de dichas luces informara al piloto o a los operadores de vehículos el estado de la pista o de las intersecciones pista/pista.

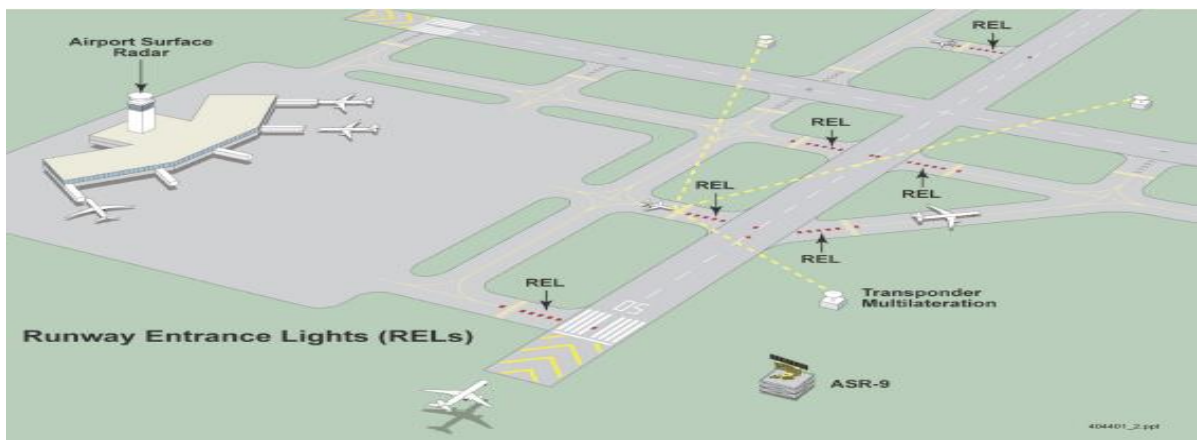
6.2.2 Concepto operacional

El sistema RWSL consta de sensores de vigilancia, se seguridad lógica; es decir el uso de un software y sistemas diseñados para proteger datos, y RELs completamente automatizados con un interruptor de tiene un cierre de una forma manual en la torre de ATC como lo ilustra la imagen a continuación. Básicamente el trabajo de la operación se genera en los sensores de vigilancia, mas puntualmente el apoyo en el SSR con los dispositivos de pregunta respuesta en base al procesamiento de datos que se ven reflejados con los RELs; se menciona que el

hecho de implementar el sistema no significa que los ATC no tienen cabida en el procedimiento operacional, todo lo contrario, se sigue manteniendo una comunicación del piloto con el ATC, en la cual el ATC informa al piloto que procedimiento se realizara y en qué estado se encontraría la pista para realizar su procedimiento. Lo que se busca con esta implementación no es suplantar el ATC sino colaborarle con su labor en tierra para evitar las colisiones que se presentan por el tiempo de comunicación; por la falta de ayudas visuales en tierra entre otros factores. Por ende, según lo mencionado anteriormente el papel que juega el control en la superficie con este sistema en cuanto al concepto operacional es el apoyo que se brinda o el soporte que tienen los ATC para advertir al piloto en qué estado se encuentra la pista para aterrizar o decolar; y de igual forma advertir a los vehículos que se encuentran en las calles de rodaje y que están próximos en salir a la pista si es o no prudente realizar esta acción de una manera más pronta; mientras el mediador que en este caso es un ATC logra la comunicación próxima con las personas a cargo de la operación.

En la figura 26 se evidencia el funcionamiento del sistema como tal; en cual se indican con las líneas amarillas las ondas de comunicación que se tienen entre los radares y el transponder a bordo de las aeronaves a través de la multilateración; estas ondas se reflejan en datos, los cuales son manejados a través de un software de tal manera que no interfieran con otras operaciones y finalmente son transformados en señales que de manera electrónica mandan órdenes a los RELs de encendido o apagado.

Figura 25. Concepto operacional RWSL



Fuente: (Federal Aviation Administration - FAA, 2004)

El anterior sistema está diseñado para ser compatible con todo tipo de sistemas; teniendo en cuenta que es completamente automatizado y diseñado con el fin de reducir el número y la gravedad de incidentes ocurridos en pista, sin tener que interferir en las operaciones aeroportuarias.

Este sistema es directamente dependiente de otros sistemas implementados en las pistas; el sistema de luz a la entrada de pista (REL), el sistema de luz Hold de despegue (THL) y el soporte de la Multilateración. Los cuales se explicaron en el marco conceptual.

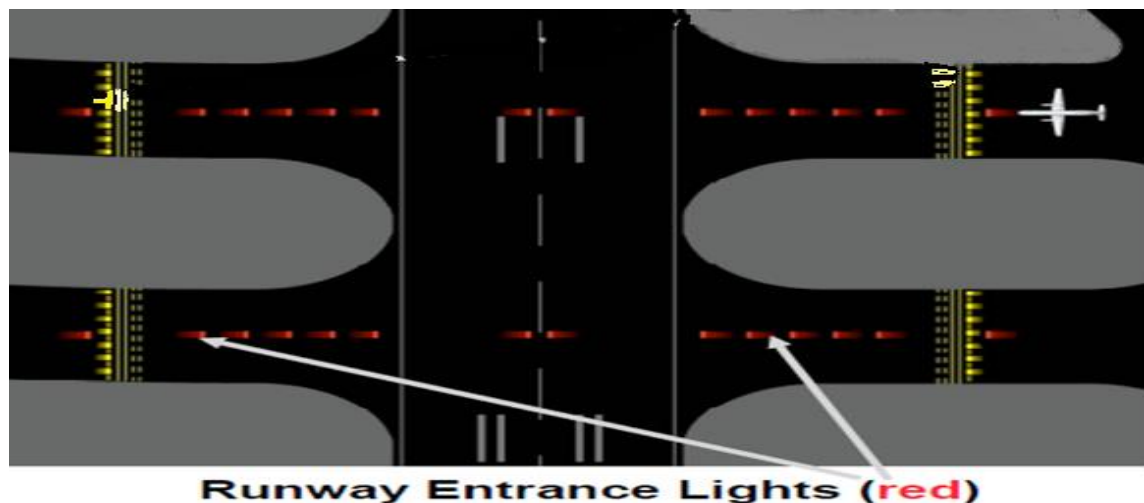
6.2.2.1 Requerimientos operacionales

Los parámetros que se solicitan a nivel operacional en una pista para obtener una indicación precisa en cuanto a si es peligroso o no ingresar a la misma son los siguientes:

- Se establece un bombillo de color rojo para indicar que la pista no es segura, de lo contrario los bombillos estarán en posición off; es decir apagados.
- El REL no debe de interferir con la seguridad en las operaciones normales y comunes que se llevan a cabo.
- El REL debe operar de manera automática tanto para los aterrizajes como para los despegues.

En la figura 27 se puede apreciar la ubicación de los RELs en una pista

Figura 26. Ubicación de los REL



Fuente: (Federal Aviation Administration - FAA, 2004)

6.3.2 Características de los RELs

- Los RELs son alineados con las líneas centrales de las calles de rodaje.
- Se ubican en el eje de la pista.
- La luz de los RELs es direccionada o se dirige hacia la línea de espera de la calle de rodaje.
- La luz de los RELs a la luz del día se podrán observar a cada cinco metros.
- La luz de los RELs en la noche se podrá determinar cada 3 o 4 metros dependiendo la visibilidad según los estándares de vuelo estipulados por la FAA.

Figura 27. RELs.

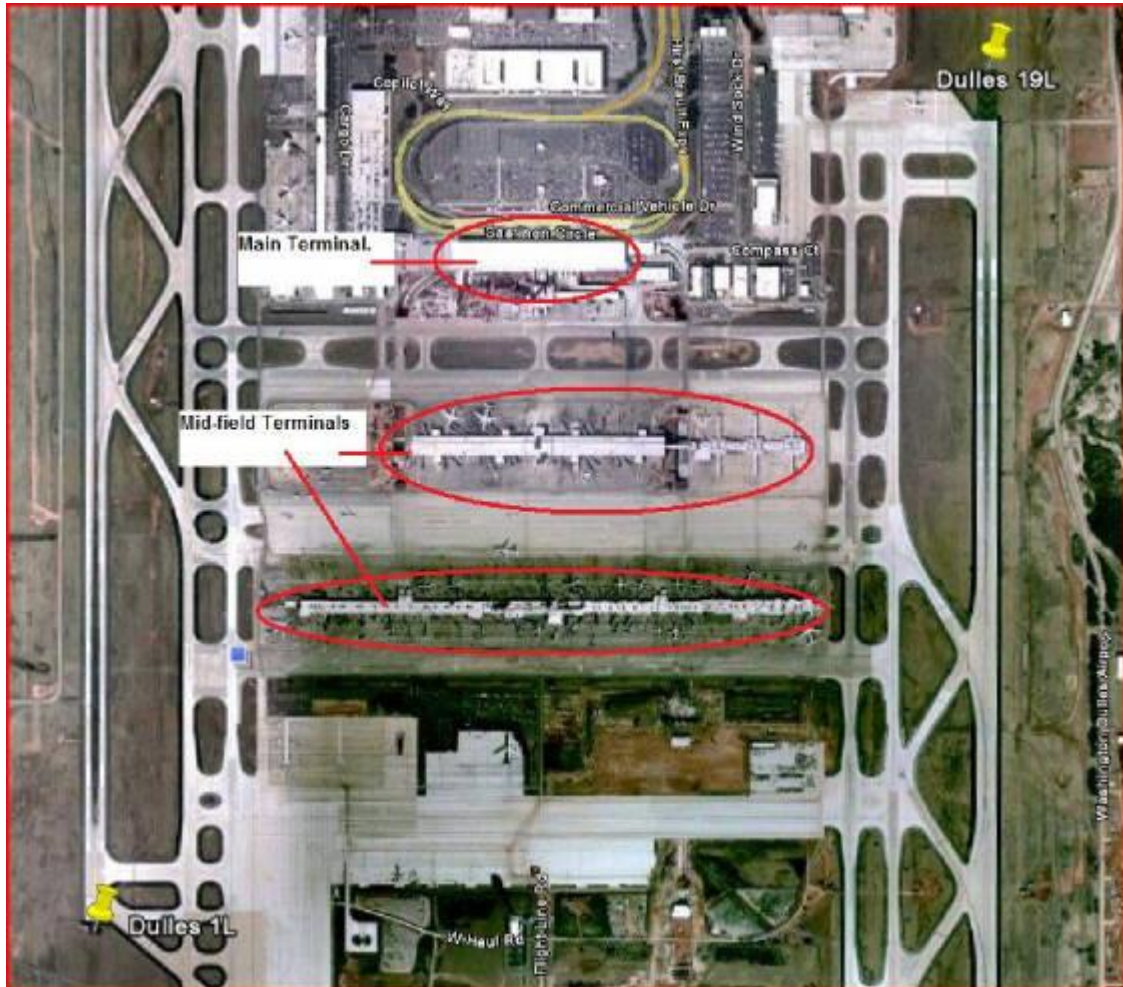


Fuente: (Federal Aviation Administration - FAA, 2004)

6.4 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

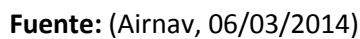
Como se mencionó en este proyecto, el sistema RWSL ha sido instalado en diversos aeropuertos a nivel mundial enunciados en el marco histórico; de igual forma es importante citar la última implementación que se mencionó en el aeropuerto internacional de Dulles en Washington, (aeropuerto de pistas paralelas).

Figura 28. Imagen satelital del aeropuerto internacional IAD



Fuente: (Metatron, Dulles Airport 2011)

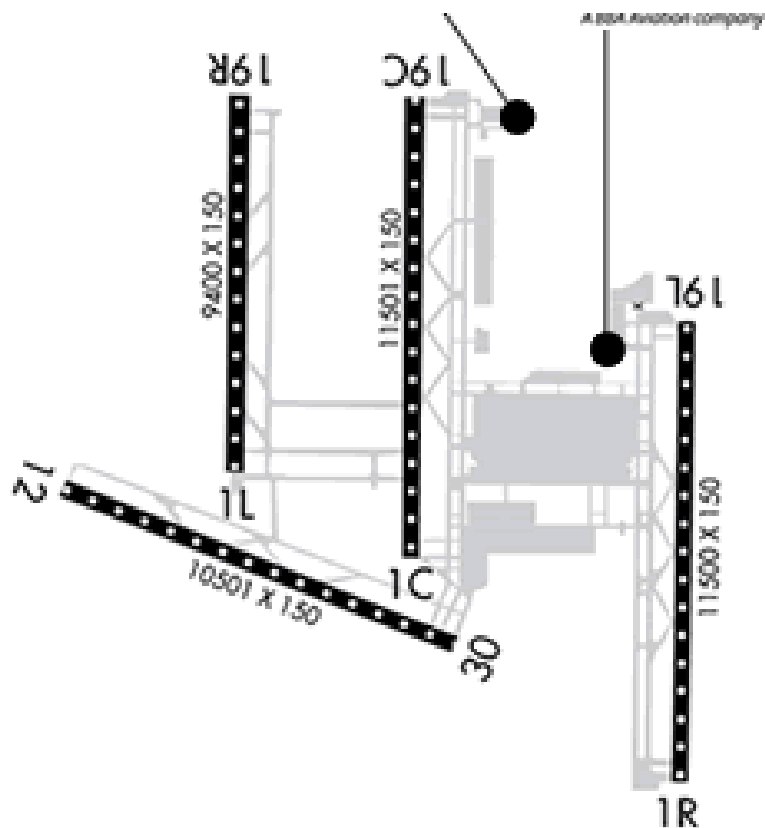
Figura 29. Diagrama del aeropuerto internacional IAD



La figura 30 pretende evidenciar un diagrama operacional en conjunto del aeropuerto internacional IAD; en el cual se opera lo siguiente:

- Cuatro pistas denominadas 1C/19C - 1R/19L - 12/30 - 1L/19R
- Dimensiones de las pistas:
 - 1C/19C = 11500 x 150 ft. / 3505 x 46 m
 - 1R/19L = 11500 x 150 ft. / 3505 x 46 m
 - 12/30 = 10501 x 150 ft. / 3201 x 46 m
 - 1L/19R = 9400 x 150 ft. / 2865 x 46 m

Figure 30. Diagrama de las pistas del aeropuerto internacional IAD



Fuente: (Airnav, 06/03/2014)

Las estadísticas de las operaciones de este aeropuerto se enmarcan de la siguiente manera según lo estipulado por la FAA el pasado 11 de julio del 2013

Tabla 4. Estadísticas de aeronaves que se encuentran diario en tierra para la operación.

Tipo de Aeronave	Cantidad diaria
Single engine Airplanes	3
Jet Airplanes	46
Helicopters	1
Total	50

Fuente: Federal Aviation Administration - FAA, 2013; editado por el autor.

Tabla 5. Estadísticas de porcentaje de aeronaves que operan diario.

Tipo de aeronave	Porcentaje diario
Comercial	47%
Air Taxi	38%
Transient General Aviation	12%
Military	2%

Fuente: Federal Aviation Administration - FAA, 2013; editado por el autor.

Cabe resaltar que lo anterior se realiza en una prioridad anual.

En la figura 31 se muestra la implementación del sistema RWSL en el aeropuerto internacional de Dulles en Washington.

Figura 31. RWSL en el aeropuerto internacional IAD



Fuente: (Federal Aviation Administracion)

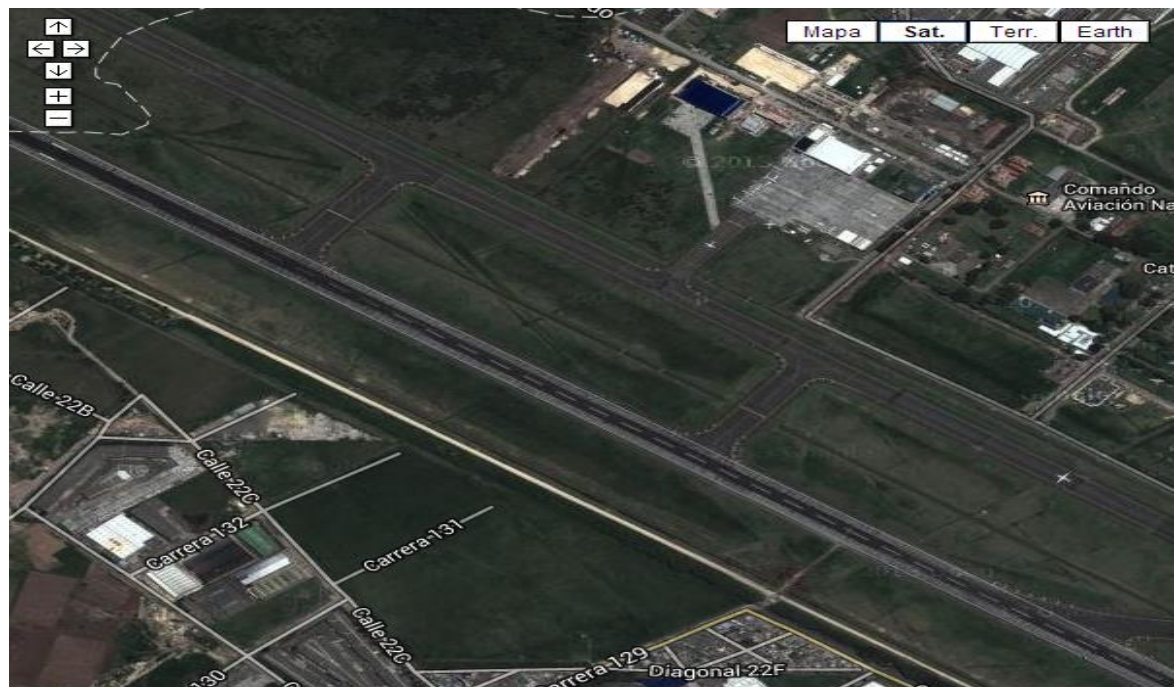
6.4.1 Implementación en Colombia

Como ya se ha especificado a lo largo del desarrollo de esta propuesta el enfoque que se le está dando data en Colombia; específicamente en el aeropuerto el Dorado, por ello lo que se evidencia a continuación constituye la determinación de viabilidad para el sistema en base a los sistemas con los que cuenta el aeropuerto y que se podrían aprovechar para disminuir los costos.

6.4.1.1 Ubicación del aeropuerto

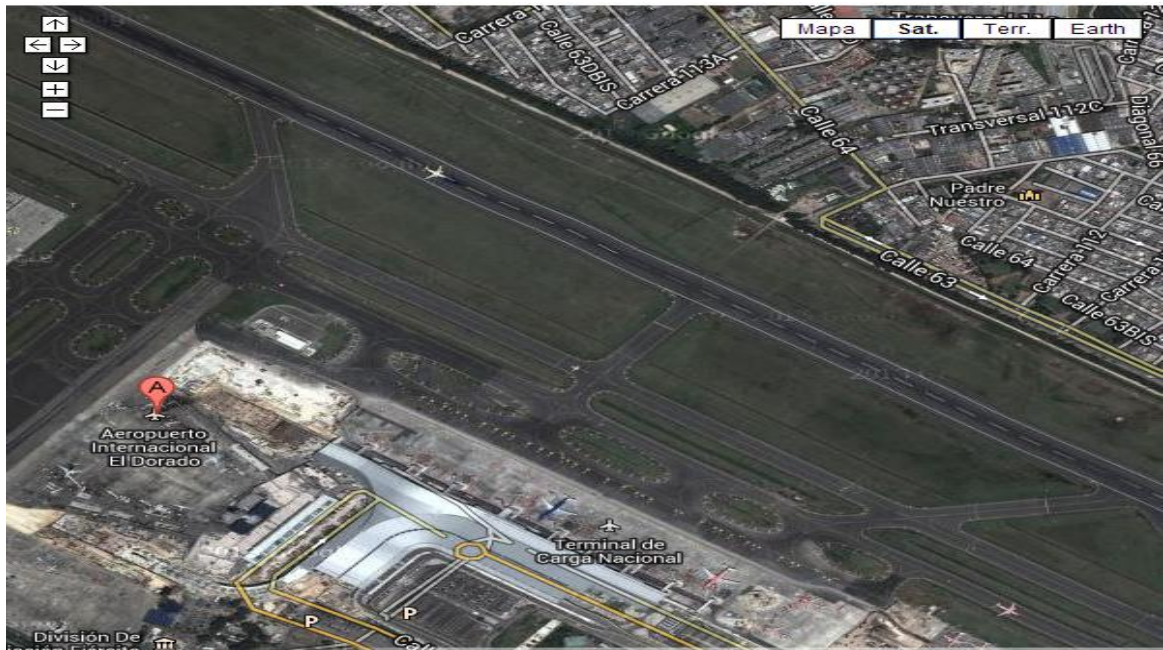
Se muestra a través de una toma satelital del aeropuerto, las calles de rodaje que colindan con las pistas; y posteriormente se muestra el plano de todo el aeropuerto El Dorado, suministrado por la Aerocivil en su actualización el pasado 9 de Enero del 2014.

Figura 3316. Vista satelital de la pista 2.



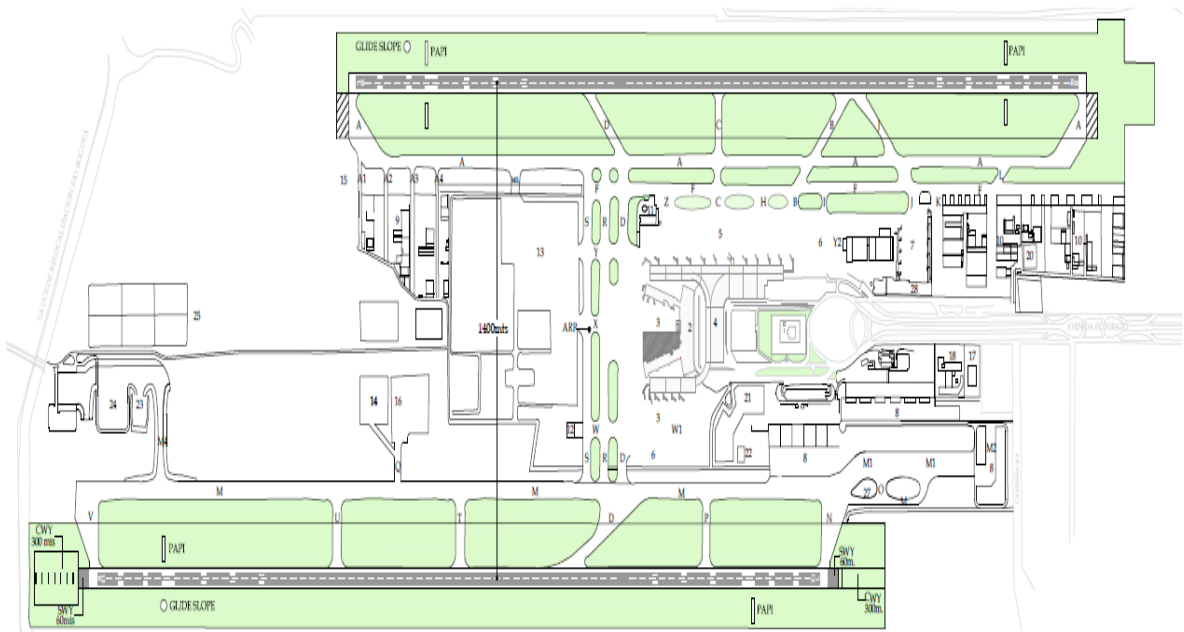
68

Figura 34. Vista satelital de la pista 1.



Fuente: (SEARCHABLE MAP AND SATELLITE BOGOTA, 2009)

Figura 35. Plano general del aeropuerto El Dorado



Fuente: (AIP COLOMBIA, AEROCIVIL 2014)

Las referencias puntuales de la ubicación del aeropuerto se pueden detallar en las cartas de navegación que se emitieron por la Aerocivil el pasado 9 de enero del 2014.

6.4.1.1 Señalización de las pistas del aeropuerto el Dorado de Bogotá

Se puede tener como base para la implementación del sistema el apoyo de las señales que se tienen como guía en el rodaje; como lo son las barras de parada; la señalización de RWY que constituyen los ejes señalizados con pintura y la señalización de TWY, que corresponde a la superficies señalizadas con un juego de luces.

En la tabla 6 se presenta el funcionamiento en las orientaciones de cada pista con respecto a las luces de identificación, acorde con su ubicación.

Tabla 6. Estadísticas de señalización del aeropuerto El Dorado

RWY	APCH	REIL (Identificadores de fin de pista)	RTHL (Umbral de pista)	RTZL (Zona toma de contacto)	RCLL (Eje de pista)	REDL (Borde de pista)	RENL (Extremo de pista)	STWL (Zona de parada)
13 L	ALS CAT 1	NO	VERDE	BLANCAS	BLANCAS	BLANCAS Y AMARILLAS	ROJAS	NO
31 R		NO	VERDE	BLANCAS	BLANCAS	BLANCAS Y AMARILLAS	ROJAS	NO
13 R	ALS CAT 2	SI	VERDE	BLANCAS	BLANCAS	BLANCAS Y AMARILLAS	ROJAS	NO
31 L		NO	VERDE	BLANCAS	BLANCAS	BLANCAS Y AMARILLAS	ROJAS	NO

Fuente: (AIP COLOMBIA, AEROCIVIL 2014)

6.4.1.2 Frecuencias que se manejan en el aeropuerto el Dorado de Bogotá

Se debe conocer igualmente como un factor importante para la implementación del sistema las frecuencias que se emplean en el aeropuerto El Dorado; ya que como se ha venido explicando a lo largo del proyecto se utilizan radares cuya función es sensor las respuestas para generar la alerta de intersección de las pistas con las calles. En las figuras 36 y 37 se muestra la lista de los servicios que se presentan en el aeropuerto en base a las comunicaciones con sus correspondientes frecuencias.

Figura 36. Estadísticas de frecuencias del aeropuerto El Dorado

Servicio	Distintivo llamada	Frecuencia	HR	Observaciones
TWR	El Dorado TWR Norte	118.1 MHz	H24	Pista 13L/31R
		118.35 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado TWR Sur	118.25 MHz	H24	Pista 13R/31L
		118.35 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado Superficie Norte	121.8 MHz	H24	SMC 13L/31R
		122.35 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado Superficie Sur	122.75 MHz	H24	SMC 13R/31L
		122.35 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado Autorizaciones	121.6 MHz	H24	Autorizaciones El Dorado
		122.9MHz	H24	Frecuencia alterna
APP	Bogotá APP Central	119.5 MHz	H24	Sector Central
		119.05 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Bogotá APP Salidas Sur	119.95 MHz	H24	Salidas Sector Sur
		119.65 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Bogotá APP Llegadas Sur	119.65 MHz	H24	Llegadas Sector Sur
		119.95 MHz	H24	Frecuencia alterna
ACC	Bogotá APP Norte	121.3 MHz	H24	Sector Norte
		120.3 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Bogotá Control NE	128.6 MHz	H24	Sector NE
	Bogotá Control SE	128.8 MHz	H24	Sector SE
	Bogotá Control NW	123.7 MHz	H24	Sector NW
	Bogotá Control SW	125.1 MHz	H24	Sector SW
FIS	Bogotá Información	121.5 MHz	H24	Emergencia
ATIS	Bogotá Información	126.9 MHz	1100-2300	
		113.9 MHz	H24	Tripulaciones deben colacionar al primer contacto con el ATC el mensaje ATIS de la hora.

Fuente: (AIP COLOMBIA, AEROCIVIL 2014)

Las radioayudas a la navegación aérea y de aterrizaje con las que cuenta El aeropuerto el Dorado y que complementan como herramientas de implementación frecuencial se evidencian a continuación en una simplificación tabular con respecto a su ubicación a su frecuencia y su instalación; con el fin de emplearlo como un claro soporte para la viabilidad del sistema propuesto.

La finalidad de mostrar esta tabla, es poder evidenciar que hay elementos que podrían soportar la implementación del sistema sin que se requiera una mayor inversión.

Figura 37. Estadísticas de radioayudas del aeropuerto El Dorado

Instalación (VAR)	ID	FREQ	HR	Localización	Elevación	Observaciones
VOR	BOG	113,9 MHz	H24	04 50 48 N 074 19 24 W	9.906 FT	Cobertura 100 NM
DME	BOG	CH 86 X	H24	04 50 48 N 074 19 24 W	9.906 FT	Cobertura 150 NM
NDB	R	274 KHz	H24	04 40 34 N 074 06 09 W	8.445 FT	Cobertura 25 NM
VOR	SOA	108,6 MHz	H24	04 36 11 N 074 16 23 W	8.069 FT	
DME	SOA	23-X	H24	04 36 11 N 074 16 23 W	8.108 FT	Cobertura 150 NM
ILS/LLZ	IEDR	111,3 MHz	H24	04 41 28,150 N 074 07 21,655 W		Categoría 1, pista 13L
ILS/GP		333,8 MHz	H24	04 42 44,981 N 074 08 57,049 W		Pista 13L, GP 3º
DME		CH 50 X	H24	04 42 44,981 N 074 08 57,049 W		Pista 13L
OM		75 MHz	H24	04 45 53,814 N 074 13 12,539 W		Pista 13L
MM		75 MHz	H24	04 43 07,806 N 074 09 33,328 W		Pista 13L
IM		75 MHz	H24	04 42 53,455 N 074 09 14,133 W	8.552 FT	Pista 13L
LO	ED	244 KHz	H24	04 45 54,823 N 074 13 13,726 W	8.355 FT	Cobertura 25 NM, rumbo 307º, a 5.1 NM
ILS/LLZ	IADO	110,7 MHz	H24	04 41 15,733 N 074 08 20,651 W		Categoría 2, pista 13R
ILS/GP		330,2 MHz	H24	04 42 29,178 N 074 10 03,378 W		Pista 13R, GP 3º
DME		CH 44 X	H24	04 42 29,178 N 074 10 03,378 W		Pista 13R
MM	AD	75 MHz	H24	04 42 58,369 N 074 10 36,189 W		Pista 13R
IM	DO	75 MHz	H24	04 42 45,775 N 074 10 19,258 W		Pista 13R

Fuente: (AIP COLOMBIA, AEROCIVIL 2014)

6.4.1.3 Sistemas y señales de rodaje con los que cuenta el aeropuerto el Dorado

A continuación se mencionan los sistemas con los que se complementaría y soportaría el sistema que se propone implementar.

- **SISTEMA DE GUIA DE RODAJE:** Indicadores de posición iluminados, letreros de NO ENTRY, letreros de instrucciones obligatorias e información, puntos de espera en rodaje, barras de parada y luces de protección de pista.
- **SEÑALIZACIÓN DE PISTA:** Designadores, umbral, eje, zona de toma de contacto, punto de visada.
- **SEÑALIZACIÓN DE CALLES DE RODAJE:** Eje y borde.

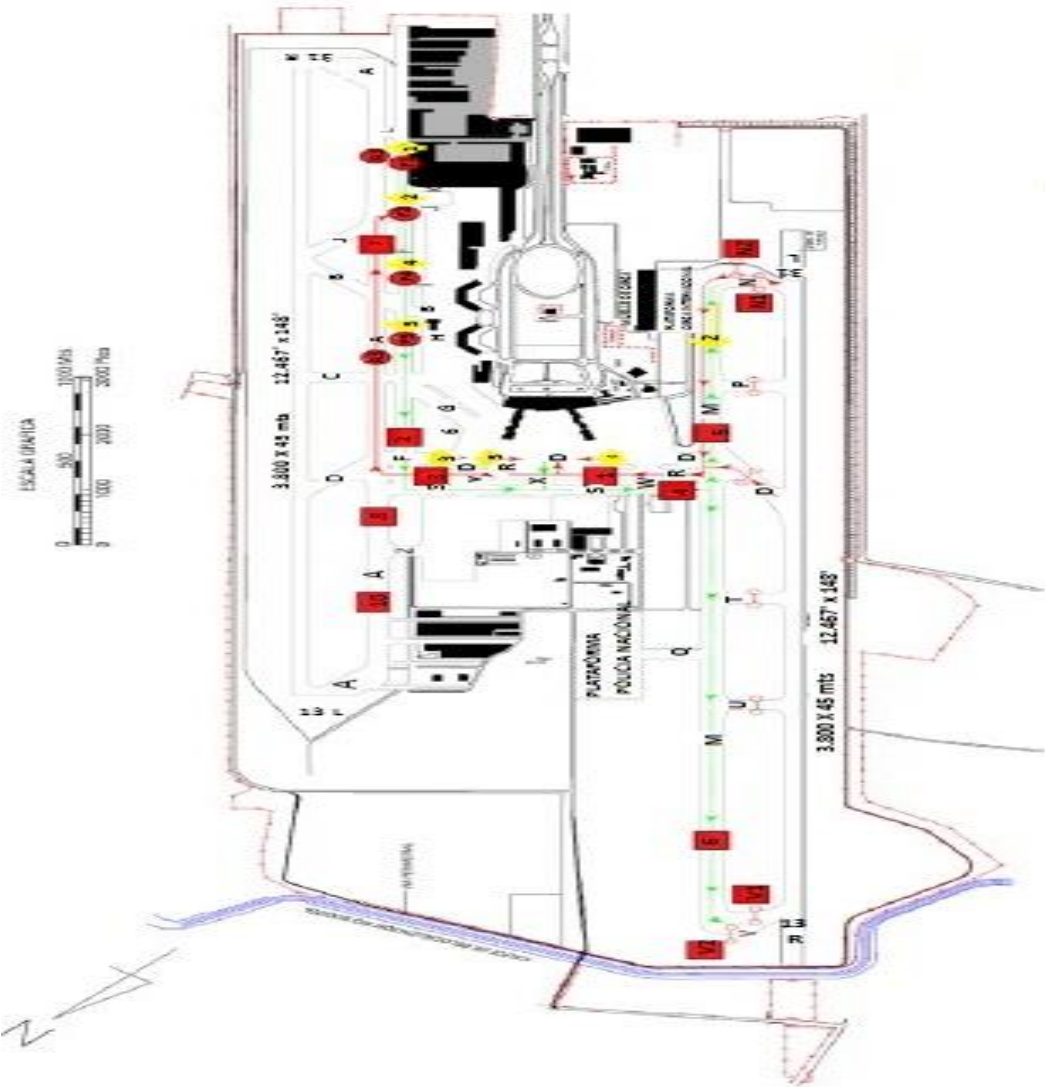
6.4.1.4 Fallas que justifican la implementación del sistema

Las diversas fallas que podrían presentarse en el aeropuerto el Dorado de Bogotá que generarían las intersecciones sería una falla en las comunicaciones y el tiempo que se demoraría en activar un servicio alterno; estas fallas se podrían presentar por la falta de comunicación que se tendría entre una aeronave que se encuentre a punto de decolar o aterrizar, una próxima a salir de un rodaje y un ATC; el procedimiento adecuado podría ser emitir una señal por medio de un radar en caso del avión que tiene el procedimiento primario; la recepción de la misma para el ATC y la gestión de esta señal para activar el sistema que se propone a implementar. Por otro lado se podría presentar un caso en el que se deba implementar un procedimiento por medio de VFR; en los cuales sería muy útil para los pilotos involucrados y el controlador como tal; observar un sistema iluminado que sea sencillo de comprender y que a la vez indique que podría ocurrir un accidente o por el contrario que todo funciona perfectamente.

6.4.1.5 Ubicación del sistema propuesto en el aeropuerto el Dorado de Bogotá

Para finalizar el estudio de esta implementación en Colombia, según las descripciones que se han venido trabajando a lo largo del proyecto; se mostrara a continuación la ubicación del conjunto que soporta el sistema propuesto y posteriormente se indicara cual sería el lugar más apropiado en las calles basándose en los datos tabulares que se mostraron anteriormente que aplican para este desarrollo.

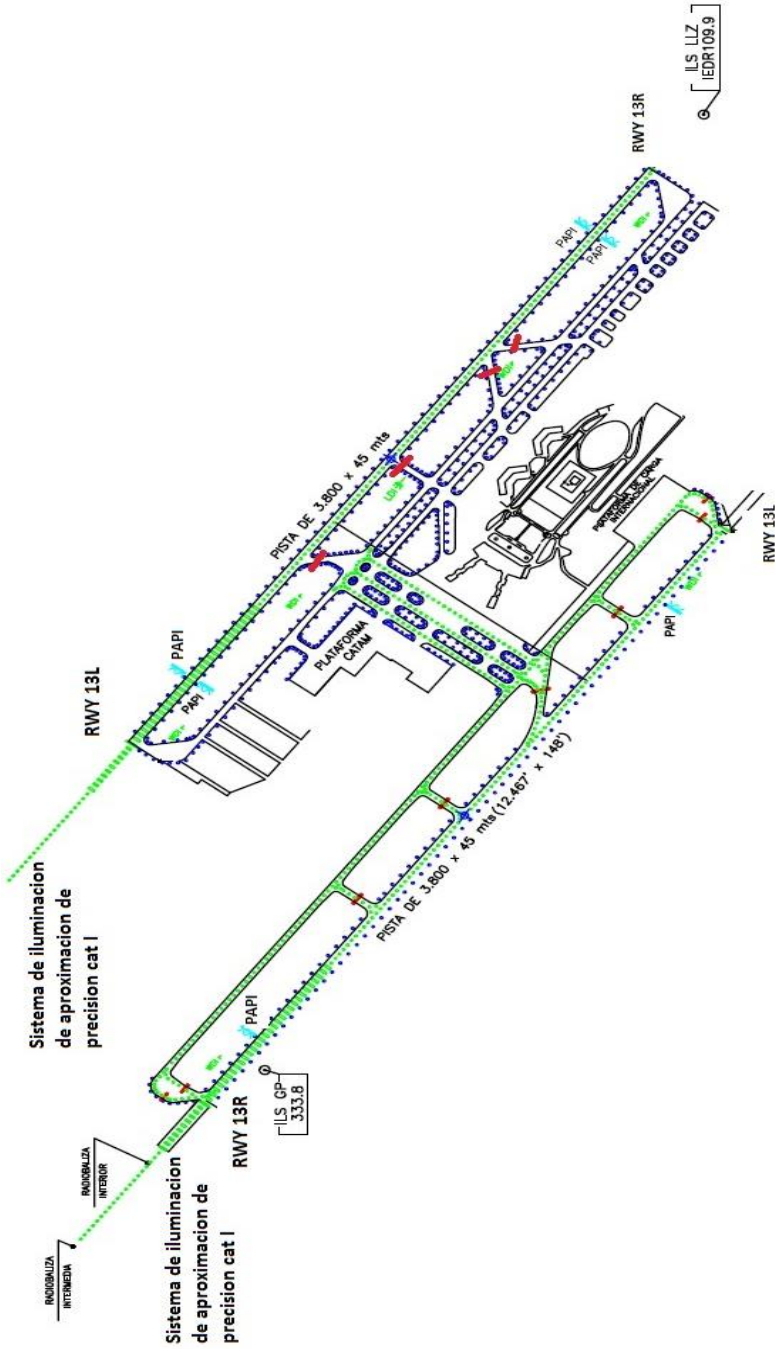
Figura 38 Plano operacional del aeropuerto El Dorado



CLAVE	
	BARRA DE PARADA
	SALIDAS
	LLEGADAS
	PUNTO DE ESPERA INTERMEDIO EN RODAJE
	PUNTO DE INICIO DE RODAJE AUTONOMO
	PUNTO DE ESPERA DE LA PISTA

Fuente: (AIP COLOMBIA, AEROCIVIL 2014)

Figura 39. Plano de ubicación en el aeropuerto El Dorado



- CONVENCIONES**
- BALIZAS DE EJE
 - ALS Y ZONA TOMA DE CONTACTO
 - BALIZAS DE BORDE
 - RWSL - BARRAS DE PARADA
 - INDICADORES DE RWSL Y DE BARRAS

Fuente: (AIP COLOMBIA, AEROCIVIL 2014)

La ubicación ideal del sistema se generaría donde se indican las barras de color rojo; debido a la ubicación de las luces que lo soportan y la posición que tendrían en las calles de rodaje.

7. VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA RWSL

A raíz de todo lo que se ha analizado en el desarrollo de esta propuesta, se puede mencionar que en la parte operacional del aeropuerto, sería viable tomar en cuenta la posible implementación del sistema con el fin principalmente de disminuir y prevenir incursiones en las pistas; pero de igual forma es importante tener en cuenta, que con la nueva modernización del aeropuerto Internacional El Dorado, ha tenido cabida para el desarrollo de nuevos proyectos y nuevas propuestas que darían lugar a una nueva automatización y a la renovación tecnológica de los sistemas del aeropuerto, y por ende traerían consigo una mejora en las operaciones aeroportuarias, terrestres, aéreas y de seguridad; como podría ser el apoyo a nivel de equipos para la labor de los ATC, la precisión en la recepción de datos y una notable mejora en el tráfico aéreo sin dejar a un lado la ventaja que tendrían las compañías; en este momento se reconoce que no se tienen estadísticas muy relevantes de las incursiones que se han generado en el aeropuerto, aunque cabe resaltar que no todos los datos de las incursiones son suministrados, pero aunque el sistema no sea viable por lo anteriormente mencionado, se debe de tomar en cuenta los estándares de seguridad en los que se rige el país, que requisitos en cuanto a operaciones exige por categorización de pista y la facilidad que los nuevos proyectos darían para poder implementar sistemas que ya existen en otros países y que podrían ser de gran ayuda en Colombia, más puntualmente en el aeropuerto el Dorado.

7.1 ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

Según todo lo anteriormente mencionado y enunciado y teniendo en cuenta las gráficas y datos reales que se tomaron y se mostraron, este sistema en Colombia es viable tratarlo o estudiar su posibilidad de implementación, tratando de evitar las incursiones que se generan, dichas incursiones son reales y son evidenciadas en las tablas anteriormente mostradas, por otro lado la posibilidad de implementar este sistema en el aeropuerto El Dorado de Bogotá acredita y enuncia la categorización de la pista en la cual se implementa y permite así mismo aumentar y reconocer la seguridad operacional que llevaría consigo dicha implementación; no solamente se enmarcaría en ese sentido, también disminuiría el dinero que genera cada accidente causado por incursión; se vería evidenciado igualmente la seguridad humana, evitando así poner en riesgo la vida de las personas que vayan a bordo de los vehículos en tierra y las aeronaves.

No solamente cabe resaltar los factores operacionales y de seguridad que se verían afectados, de otra forma si se implementa este sistema y se evitan incursiones se podría tener mucho más flujo de operación en las pistas del aeropuerto, teniendo en cuenta que solamente se cuentan con dos pistas y que una está categorizada para ese tipo de sistemas y al ocasionarse un accidente, demandaría un retraso en los vuelos lo cual genera de igual manera un gasto elevado de dinero.

7.2 COSTOS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

Para la estimación de costos que traería consigo el sistema, se vería reflejado a nivel muy global la necesidad de implementar un sistema electrónico que conste de las comunicaciones la navegación y la vigilancia; con el fin de mejorar la gestión de tráfico aéreo; la estimación de dicha contratación estaría alrededor de 30 millones de dólares; según las cifras emitidas por la Aerocivil de Colombia el pasado 8 de Agosto del año 2013; en la adjudicación de un contrato emitido por esta entidad a la multinacional de consultoría y tecnología Indra. La funcionalidad del sistema al iniciar esta consumación en el país es garantizar una eficiencia en el control de tráfico aéreo; generando consigo el ahorro de las compañías aéreas, reduciendo de cierta forma el impacto del medio ambiente que generan las operaciones aéreas y cumpliendo los estándares de exigencia de seguridad en la navegación aérea con la implementación de nuevos sistemas y equipos altamente tecnológicos que facilitarían labores de comunicaciones y de seguridad disminuyendo los riesgos de accidentes e incidente por precisión de datos.

El contrato que constaría para estas instalaciones de primera instancia según lo analizado este año el pasado 8 de agosto se llevaría a cabo con Indra el cual al realizarse y llevarse a cabo sería adjudicado como el más importante de Latinoamérica, se caracterizaría por la implementación de los mejores sistemas para respaldar las falencias anteriormente mencionadas; aprovechando dicho sistema podría irse implementando poco a poco el sistema RWSL utilizando esta licitación ya ofertada como equipos de anclaje para la disminución de sus costos; ya que un gran avance que se tendría con esta licitación es la implantación de sistemas de gestión de tráfico aéreo y los sistemas de torre del aeropuerto; de igual forma se tomó en cuenta en dicho contrato la implantación de los sistemas de comunicación de radio controlador-piloto y un sistema de aterrizaje por medio de instrumentos (ILS categoría III). Esto generaría que la torre de control contara con un sistema de vigilancia automatizado, que tendría su fundamento en la guía de los movimientos de las aeronaves sobre la superficie.¹⁰

Para guiar esta licitación con el enfoque de esta propuesta de viabilidad; si retomamos lo que se ha mencionado este sistema requiere radares y utilizar la multilateración como los medios principales para su funcionamiento; y el proyecto o la licitación que se aprobó constituye lo siguiente:

- La instalación de un radar de superficie en la torre de control.
- Instalación de estaciones ADS-B.
- Una red de multilateración.

¹⁰ (Informacion defensa y seguridad, 2013. Infodensa)

Es decir los 30 millones de dólares que consta el contrato incluyen igualmente:

- Tecnología en prevención de conflictos,
- Tecnología en gestión del flujo aéreo.
- Inversión de un sistema completo de CNS-ATM (un sistema de comunicación, navegación y vigilancia completamente digital; el cual tiene como fin implementar tecnologías como los sistemas de satélites y diversos niveles de automatización, lo que brindaría un gran apoyo a la gestión de tráfico aéreo

Por ende se podría aprovechar la inversión que representaría esta contratación y dar lugar al análisis de implementar el sistema RWSL a través de los equipos que se instalaran; ya que son la base del funcionamiento del sistema. Como se ha mencionado las incursiones no son lo suficientemente relevantes para asignar con urgencia la necesidad del sistema, pero gracias nuevas contrataciones que se están generando y las inversiones que se están realizando se podrían implementar sistemas de soporte operacional que logren disminuir cualquier incidente por muy leve que este resulte.

7.3 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

Como se ha mencionado a lo largo del proyecto, el beneficio principal que tendría la implementación de este sistema es la disminución y prevención de los accidentes causados por las incursiones pero es importante enunciar de una manera puntual los beneficios que tiene implementar el sistema.

- Incremento en la seguridad operacional
- Disminución de problemas legales
- Posicionamiento de Colombia
- Disminución en costos por accidentalidad
- Nuevos avances técnicos y electrónicos, con implementaciones de automatizaciones para facilitar el trabajo operacional.
- Mayores ingresos para las compañías
- Mayor tránsito aéreo.

8. CONCLUSIONES

Se analizaron las estadísticas reales de las incursiones que se han presentado en el aeropuerto internacional El Dorado de Bogotá citadas en el Anexo 1; de igual forma se estudiaron las condiciones operacionales del mismo para la implementación del sistema; basándose en las cartas de navegación que se suministró por parte de la Aerocivil el pasado mes del presente año.

Se definieron las condiciones operativas bajo las cuales sería viable implementar el sistema; teniendo en cuenta el plano satelital y básico del aeropuerto, las señalizaciones de las pistas, las frecuencias que se emplean en las operaciones, las fallas que justifican la implementación y la posible ubicación del sistema en el aeropuerto.

Después de evidenciar hechos; de referenciar documentos y datos estadísticos, de la historia y de la implementación que se ha llevado a nivel mundial, al igual que se enuncian las mejoras que el sistema ha traído no solo para la seguridad operacional, también para la seguridad humana y de una u otra forma para las actividades aeroportuarias y la economía; se presenta una propuesta con bases concretas de los hechos que generan esta necesidad; por tal motivo se ostenta un estudio que da cabida a la propuesta de viabilidad para implementar el sistema RWSL, concluyendo y evidenciando la presencia de incursiones en Colombia que se podrían prevenir con la implementación del sistema; pero así mismo se tiene presente que se generarían más gastos al implementar este sistema que lo que han causado los mismos accidentes; teniendo en cuenta que no todos los accidentes están reportados; este estudio se basó en lo que se reportó durante los 3 años estudiados; dicho así no es viable realizar esta implementación en Colombia por ahora; pero se resalta un factor muy importante para concluir este estudio; y es el compromiso que realizó Colombia con la OACI que es de trabajar y mejorar la parte de la seguridad en el aeropuerto como tal, buscando sistemas para disminuir la accidentalidad y aumentar la seguridad operacional.

9. BIBLIOGRAFÍA

Unidad Administrativa de la Aeronautica Civil. 2011. *El Transporte Aéreo en el 2011.* Bogotá D.C, 2011.

Federal Aviation Administration - FAA. 2012. *Runway Safety-Runway Safety Report.* Estados Unidos, 2012..

Federal Aviation Administration - FAA. 2004. Runway Status Light. [En línea] 2004. <http://rwsll.mit.edu/How/index.html>..

Federal Aviation Administracion . Federal Aviation Administracion . [En línea] <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=tipos+de+incursion+en+pista&source=web&cd=5&ved=0CEcQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.mtc.gob.pe%2Fportal%2Ftransportes%2Faereo%2Faeronauticacivil%2Fripp%2F3%2520RUNWAY%2520INCURSIONS%2520TRAD.pps&ei=Oxg6UZWUKoLA8AThzlGI>.

Unidad Administrativa de la Aeronáutica Civil. 2012. *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia Primera.* 2012.

Antonio Martin Soto. 2004. Sistema de Multilateración y su aplicación en ATC. [En línea] 2004. <http://www.atcmagazine.net/40-informac2.pdf>.

Hamish Meikle.2001. Modern Radar System.2001. Pág. 488.

Secretaria del Senado. 1991. Constitución Política de Colombia. [En línea] 1991. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/cp/constitucion_politica_1991_pr006.html#189.

Organizacion de la Aeronáutica Civil Internacional. 1947. Convenio de Chicago . [En línea] 1947. <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=Ley+12+del+23+de+Octubre+de+1947%2C&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.supertransporte.gov.co%2Fsuper%2Fphocadownload%2FNormatividad%2FTRANSPORTE%2520AEREO%2FCONVENIOS%2FConvenio%2520de%2520Chicago>.

Secretaria General del Senado de la Republica. 1947. Código de comercio Decreto ley 410,1947. [En línea] 1947. <http://www.colombiaya.com/Documentos-legislatura/Codigo-de-Comercio.pdf>.

Annual Runway Safety Report 2010. FAA-Air Traffic Organization. [En línea]
http://www.faa.gov/airports/runway_safety/news/publications/media/Annual_Runway_Safety_Report_2010.pdf

Runway Status Lights. 2010. Runway Status Lights. [En línea] 2010.
<http://rwsll.mit.edu/index.html>.

Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman. *Control de Tránsito Aéreo y Seguridad Operacional en Pista.*

Licdo. Raúl Alexis Samaniego Trotman. (s.f.). Control de Tránsito Aéreo y Seguridad Operacional en Pista.

AEROCIVIL. (2011). Circular Informativa. Bogota.

Annual Runway Safety Report 2010. (s.f.). FAA-Air Traffic Organization.
Obtenido de
http://www.faa.gov/airports/runway_safety/news/publications/media/Annual_Runway_Safety_Report_2010.pdf

Federal Aviation Administration . (2013). Federal Aviation Administration .
Obtenido de http://www.faa.gov/air_traffic/publications/notices/2013-02-07/SC08001.cfm

Federal Aviation Administration. (2009). Annual Runway Safety Report .
Obtenido de
http://www.faa.gov/airports/runway_safety/news/publications/media/Annual_Runway_Safety_Report_2009.pdf

Informacion defensa y seguridad. (8 de agosto de 2013). Recuperado el 17 de Noviembre de 2013, de Infodensa:
<http://www.infodefensa.com/latam/2013/08/08/comunicado-indra-modernizara-en-colombia-los-sistemas-del-aeropuerto-internacional-de-el-dorado-por-30-m.html>

IPP. (25 de Marzo de 2013). Institute, Max-Planck. Recuperado el 21 de Noviembre de 2013, de <http://www.ipp.mpg.de/ippcms/eng/for/projekte/asdex/>

OACI. (2006). Manual de Gestion de seguridad operacional.

OACI. (2011). Situación de la seguridad Operacional de la aviacion mundial.

Organizacion de la Aeronáutica Civil Internacional. (1947). Convenio de Chiccago. Obtenido de

[http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=Ley+12+del+23+de+Octubre+de+1947%2C&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.supertransporte.gov.co%2Fsuper%2Fphocadownload%2FNormatividad%2FTRANSPORT E%2520AEREO%2FCONVENIOS%2FConvenio%2520de%2520Chicago](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=Ley+12+del+23+de+Octubre+de+1947%2C&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.supertransporte.gov.co%2Fsuper%2Fphocadownload%2FNormatividad%2FTRANSPORT+E%2520AEREO%2FCONVENIOS%2FConvenio%2520de%2520Chicago)

Runway Status Lights. (2010). Runway Status Lights. Obtenido de <http://rwsll.mit.edu/index.html>

SATELITAL, V. (2009). VIA SATELITAL. (INTERNET NETWORKS) Recuperado el 29 de NOVIEMBRE de 2013, de http://www.viasatelital.com/mapas/bogota_aeropuerto_el_dorado.htm

Secretaria del Senado. (1991). Constitución Política de Colombia. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/cp/constitucion_politica_1991_pr006.html#189

Secretaria General del Senado de la Republica. (1947). Código de comercio Decreto ley 410,1947. Obtenido de <http://www.colombiaya.com/Documentos-legislatura/Codigo-de-Comercio.pdf>

Unidad Administrativa de la Aeronáutica Civil. (2012). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia Parte Decimo Cuarta.

ANEXOS

ANEXO 1

Incursiones en el Aeropuerto el Dorado 2011, 2012, 2013


ITEM	MES/año	FECHA	EMPRESA	EVENTO	ACCION DEL ENTE
1	ene-11	21-ene	SATENA	Impacto en tierra entre aeronave y equipo o vehiculos de apoyo terrestre	Requerimiento a OPAIN para investigar y generar medidas de mitigación
2	feb-11	09-feb	1EH	un trabajador incursionò en la pista cuando la aeronave de Searca estaba proxima a despegar. Esta informacion es basada en el informe del CTA pues en el momento del suceso la grabadora de providencia estaba fuera de servicio	NR
3	/feb-11	28/02/	SEARCA	Incursion de una persona por la margen derecha de la pista y posterior incursion de un tractor que recogio a esta persona; esto ocurrio ya estando la aeronave autorizada para despegue	CASYP determinió que para el caso del Ap. El Embrujo, no se trabaja en el mantenimiento de pista, en horarios de operación. O sea que se retoman los trabajos después de las 6pm.
4	/mar-11	/01-mar	SATENA	Incursion al final de la pista de tres vacas que impedian el aterrizaje de manera segura	Se remitió a Satena para que lo manejaran con ARC en LGZ
5	/mar-11	/10-mar	FAC	Incursion en pista de un camion ya estando autorizado el despegue	El concesionario estableció procedimiento preventivo para evitrar sucesos similares.
6	/mar-11	/24-mar	AEROPUERTO	Incursiòn de un vehiculo de la policia nacional en pista evadiendo autorizaciòn de ingreso, sin el acompañamiento debido y atravezar la pista en pleno proceso de aterrizaje de una aeronave	N/A
7	ago-11	05-ago	ARE	El Hk 4667, según lo informado solicitò a control tierra efectuar un despegue abortado. La aeronave, aparentemente incursionò en la pista 05, cuando el ARE 8184 estaba en final corta. Esta informacion esta basada en el informe del CTA pues hasta el momento BAQ no nos ha enviado comunicaciones	NR
8	ago-11	21-ago	SATENA	Impacto en tierra entre aeronave y equipo o vehiculos de apoyo terrestre	Requerimiento a OPAIN para investigar y generar medidas de mitigación

9	nov-11	20-nov	AIRES	Impacto en tierra entre aeronave y equipo o vehículos de apoyo terrestre	Requerimiento a OPAIN para investigar y generar medidas de mitigación
10	dic-11	12-dic	LAN COLOMBIA	Impacto en tierra entre aeronave y equipo o vehículos de apoyo terrestre	Informe presentados por el Coronel(r) German Ramiro Garcia Acevedo
11	dic-11	24-dic	LAN COLOMBIA	Impacto en tierra entre aeronave y equipo o vehículos de apoyo terrestre	Requerimiento a OPAIN para investigar y generar medidas de mitigación
12	ene-12	14-ene	NSE	Impacto en tierra entre aeronave y equipo o vehículos de apoyo terrestre	Requerimiento a OPAIN para investigar y generar medidas de mitigación
13	abr-12	23-abr	AVIANCA	<p>El Cap. Vitirio Marconi informa que según el Anexo 14 VOL I - OACI, señala que el uso de las barras de parada en horas nocturnas y en condiciones de visibilidad superior a RVR de 550m, puede formar parte de medidas eficaces de prevención de incursiones en la pista, sin embargo para el caso específico del aeropuerto internacional Eldorado, el uso de estas luces, en el horario nocturno, mas que beneficios, genera una carga adicional en las funciones propias del control de aerodromo y, en muchos casos, comunicaciones en que punto de espera se encuentra la aeronave. En consideración de lo anterior y teniendo en cuenta que la disposición de las pistas y las calles de rodaje del aeropuerto NO tienen la criticidad necesaria como para considerar el uso obligatorio de las barras de parada durante las horas de la noche, se solicita re-evaluar la disposocion local en el aeropuerto.</p>	

14	sep-12	29-sep	AVIANCA	<p>La aeronave de Avianca se encontraba en fase de aproximación final, con autorización de aterrizaje, cuando se observa un perro grande ingresar a la pista por el área de la cabecera 17, se le instruye efectuar sobre-paso por esta causa; el IM procede en el vehículo SAR para evacuar el CAN y reporta situación controlada; se le autoriza una nueva aproximación al AVA9472, sin embargo cuando la aeronave estaba sentando ruedas, el CAN ingresa nuevamente por la cabecera contraria, debido a la posición de la aeronave, se le permite completar la maniobra de aterrizaje recomendándole precaución por la presencia del animal al lado izquierdo de la activa; la Aeronave aterriza sin novedad y abandona la pista. El IM continúa tratando de evacuar el CAN.</p>	<p>La señora Doralva Rocio Rivera informa mediante correo las acciones tomadas para mitigar el riesgo. Se procedió a capturar a los canes (2) los cuales se llevaron a una vivienda del casco urbano del municipio de Lebrija. Igualmente se le informó a la Directora del Area Concesionada que se observaron perros en la Base Militar donde tienen una hembra que atrae los perros que viven en el sector. Según converso la señora Doralva con la Dra. Nohora la Concesión solicitó al Ejército retirar dicho animal. De igual forma, la Concesión ha inspeccionado la malla perimetral y cerrado pasos por donde pueden</p>
15	abr-13	29-abr	AIR CANADA	Runway Incursion vuelo AC963 con Airbus AVA	<p>Coordinador Aseguramiento de Calidad ATS, envía copia de la respuesta del asunto firmada por la SSA.</p>

ANEXO 2

Circular informativa

	CIRCULAR INFORMATIVA			
	GESTION DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACION CIVIL COLOMBIANA			
Clave: CI-5002-		Revisión: 01	Fecha: 31/01/2011	Pág.: 1 de 6

1. PROPÓSITO

Recordar a las organizaciones aeronáuticas de aviación civil en Colombia, sobre la obligación de gestionar la seguridad operacional, con el fin de eliminar o mitigar los factores de riesgo que afectan las operaciones aéreas por ser causantes de accidentes.

2. APLICACION

Esta Circular de Seguridad Operacional no reemplaza contenido alguno de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia ni a otra circular existente; se aplica a:

- Operadores de aeronaves.
- Organizaciones de mantenimiento aeronáutico.
- Centros de Instrucción.
- Operadores de Aeropuertos.
- Prestadores de servicio ATS.


3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Accidente (accidente aéreo): Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave que ocurre dentro del periodo comprendido entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave con intención de realizar un vuelo, y el momento en que todas las persona han desembarcado, durante el cual:

- 1) cualquier persona sufre lesiones mortales o graves a consecuencia de hallarse en la aeronave, sobre la misma, o por contacto directo con ella o con cualquier cosa sujeta a ella;
- 2) la aeronave sufre daños de importancia o roturas estructurales que afectan adversamente sus características de vuelo, y que normalmente exigen una reparación importante o el cambio del componente afectado;
- 3) La aeronave desaparece o es totalmente inaccesible.

Incidente: Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave, que no llegue a ser un accidente, que afecte o pueda afectar la seguridad de las operaciones aéreas.

Organización Aeronáutica:

	CIRCULAR INFORMATIVA			
	GESTION DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACION CIVIL COLOMBIANA			
Clave: CI-5002-082		Revisión: 01	Fecha: 10/11/2010	Pág.: 2 de 6

Seguridad operacional: Es el estado en que el riesgo de lesiones a las personas o daños a los bienes se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos.

Sistema de gestión de la seguridad operacional (SMS): Enfoque sistemático para la gestión de la seguridad operacional, que incluye la estructura orgánica, las líneas de responsabilidad, las políticas y los procedimientos necesarios para ese fin.

AIRPROX: Proximidad aérea,

ALA: Accidente en fase de aproximación y/o aterrizaje (Approach and Landing Accident)

BASH: Peligro de golpe por aves (Bird Aircraft Strike Hazard)

CFIT: Vuelo controlado hacia el terreno (Controlled Flight Into Terrain)

CRM: Gestión de recursos de Tripulación (Crew Resource Management)

FOD: Daño por objetos extraños. (Foreign Object (debris) Damages)

MAC: Colisión en Vuelo (Mid Air Collision)

MRM: Gestión de recursos de Mantenimiento (Maintenance Resource Management)


NASO: Nivel aceptable de Seguridad Operacional

RI: Incursión en pista (Runway Incursión)

4. ANTECEDENTES

La presente circular ha sido motivada por el análisis estadístico de accidentalidad e incidentalidad en Colombia en el periodo 2000-2010 y del análisis de diarios de señales en el periodo 2008-2009 de diferentes Centros de Control en Colombia, donde se resaltan los siguientes hallazgos:

- En el año 2010 el número de accidentes aéreos de la aviación civil colombiana se redujo de manera significativa, en un 37,5%.
- El 2010 ha sido el año con menor número de accidentes aéreos de la aviación civil colombiana de los últimos 18 años.

	CIRCULAR INFORMATIVA		
	GESTION DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACION CIVIL COLOMBIANA		
Clave: CI-5002-082	Revisión: 01	Fecha: 10/11/2010	Pág.: 3 de 6

- La reducción de accidentes se presentó en sectores que habían experimentado una alta accidentalidad anteriormente como la aviación de fumigación, la aviación privada y el sector de helicópteros.

Sin embargo,

- Las empresas de transporte aéreo comercial no regular (taxis aéreos) y las de trabajos aéreos especiales son quienes tienen mayor accidentalidad en Colombia.
- Las aproximaciones no estabilizadas, han sido un factor contribuyente en los accidentes tipo ALA en Colombia.
- Las aves ocasionan el mayor número de incidentes en aviación en Colombia.
- Se han incrementado los eventos AIRPROX en Colombia en los últimos años.
- Las aeronaves que tienen un mayor índice de accidentalidad son los monomotores de transporte comercial no regular y de instrucción.
- Hay una tendencia ascendente de accidentes/incidentes por factor mantenimiento.

El análisis permite concluir que la implementación paulatina de un SMS impacta positivamente el NASO de las organizaciones y por consiguiente los niveles aceptables de seguridad del Estado.


5. REGULACIONES RELACIONADAS

- Reglamento Aeronáutico Colombiano Parte XXII
- Manual de Gestión de Seguridad Operacional Doc 9859 de OACI

6. OTRAS REFERENCIAS


7. MATERIA

- 1) Organizaciones de mantenimiento: Deben implementar un sistema de Gestión de Seguridad Operacional "SMS" en cumplimiento a lo establecido en el RAC XXII; deben conocer las investigaciones de accidentes adelantadas por la UAEAC y cumplir las recomendaciones de las mismas; deben participar en el Comité IPI (los segundos martes de cada mes a las 09:00 en el lugar establecido para cada regional); deben adelantar campañas educativas y culturales, difundiendo diferentes aspectos de seguridad operacional, haciendo énfasis en prevención de accidentes en tierra y entrenamiento en MRM; deben compartir con las demás organizaciones y con la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica

	CIRCULAR INFORMATIVA		
	GESTION DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACION CIVIL COLOMBIANA		
Clave: CI-5002-082	Revisión: 01	Fecha: 10/11/2010	Pág.: 4 de 6

Civil, experiencias e información de seguridad operacional a través de boletines, circulares, alertas, etc.

- 2) **Operadores aéreos:** Deben implementar un sistema de Gestión de seguridad Operacional "SMS" en cumplimiento a lo establecido en el RAC XXII; deben conocer las investigaciones de accidentes adelantadas por la UAEAC y cumplir las recomendaciones de las mismas; deben participar en el Comité IPI (los segundos martes de cada mes a las 09:00 en el lugar establecido para cada regional); deben adelantar campañas educativas y culturales difundiendo diferentes aspectos de seguridad, haciendo énfasis en prevención de colisiones en vuelo, incursiones en pista, accidentes por peligro aviario, accidentes en tierra y CFIT; deben compartir con las demás organizaciones y con la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, experiencias e información de seguridad operacional a través de boletines, circulares, alertas, etc.
- 3) **Para los operadores de aeropuertos:** Deben implementar un sistema de Gestión de seguridad Operacional "SMS" de acuerdo a lo establecido en el RAC XXII; deben conocer las investigaciones de accidentes adelantadas por la UAEAC y cumplir las recomendaciones de las mismas; deben participar en el Comité IPI (los segundos martes de cada mes a las 09:00 en el lugar establecido para cada regional); deben adelantar campañas educativas y culturales difundiendo diferentes aspectos de seguridad, haciendo énfasis en prevención de incursiones en pista, prevención de accidentes por peligro aviario y de fauna, prevención de accidentes ocasionados por trabajos en el aeropuerto y deben compartir con las demás organizaciones y con la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, experiencias e información de seguridad operacional a través de boletines, circulares, alertas, etc.
- 4) **Prestadores de servicio ATS:** Deben implementar un sistema de Gestión de Seguridad Operacional "SMS" de acuerdo a lo establecido en el RAC XXII; deben conocer las investigaciones de accidentes adelantadas por la UAEAC y cumplir las recomendaciones de las mismas; deben participar en el Comité IPI (los segundos martes de cada mes a las 09:00 en el lugar establecido para cada regional); deben adelantar campañas educativas y culturales difundiendo diferentes aspectos de seguridad haciendo énfasis en prevención de incursiones en pista, prevención de accidentes por peligro aviario y de fauna, prevención de accidentes ocasionados por trabajos en el aeropuerto, prevención de colisiones en vuelo y deben compartir con las demás organizaciones y con la Unidad Administrativa Especial de

	CIRCULAR INFORMATIVA			
	GESTION DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA AVIACION CIVIL COLOMBIANA			
Clave: CI-5002-082	Revisión: 01	Fecha: 10/11/2010	Pág.: 5 de 6	

Aeronáutica Civil, experiencias e información de seguridad operacional a través de boletines, circulares, alertas etc.

- 5) **Centros de instrucción:** Deben implementar un sistema de Gestión de Seguridad operacional "SMS" de acuerdo a lo establecido en el RAC XXII; deben conocer las investigaciones de accidentes adelantadas por la UAEAC y cumplir las recomendaciones de las mismas; deben participar en el Comité IPI (los segundos martes de cada mes a las 09:00 en el lugar establecido para cada regional); deben adelantar campañas educativas y culturales difundiendo diferentes aspectos de seguridad, haciendo énfasis en prevención de incursiones en pista, prevención de accidentes por peligro aviarío y de fauna, por trabajos en el aeropuerto, por colisiones en vuelo, por indisciplina de vuelo y CFIT; deben compartir con las demás organizaciones y con la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil experiencias e información de seguridad operacional a través de boletines, circulares, alertas etc.

Las anteriores recomendaciones están soportadas en el Reglamento Aeronáutico Colombiano y en el manual de Gestión de Seguridad Operacional (Doc 9859 de OACI) y serán objeto de revisión en las auditorías, que la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil Colombiana, realiza en cumplimiento de su misión.

8. VIGENCIA

Esta Circular de Seguridad Operacional tiene vigencia a partir de la fecha de su expedición y es de carácter permanente

9. CONTACTO

Para mayor información puede comunicarse con el Grupo de Gestión de Seguridad Operacional de la Aeronáutica Civil, Calle 26 N 103-23 Bogotá, D.C., teléfono 296- 2364, correo electrónico: miguel.camacho@aerocivil.gov.co